

MELHORAMENTO GENÉTICO DE FEIJÃO-DE-VAGEM (*Phaseolus vulgaris* L.): AVANÇO DE GERAÇÕES VIA SSD, USO DE ÍNDICES DE SELEÇÃO E ESTATÍSTICA  $P_1$  NA IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES

**FELIPE OLIVEIRA VILELA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO – UENF  
CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
DEZEMBRO – 2008

MELHORAMENTO GENÉTICO DE FEIJÃO-DE-VAGEM (*Phaseolus vulgaris* L.): AVANÇO DE GERAÇÕES VIA SSD, USO DE ÍNDICES DE SELEÇÃO E ESTATÍSTICA  $P_1$  NA IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES

**FELIPE OLIVEIRA VILELA**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientador: Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
DEZEMBRO – 2008

MELHORAMENTO GENÉTICO DE FEIJÃO-DE-VAGEM (*Phaseolus vulgaris* L.): AVANÇO DE GERAÇÕES VIA SSD, USO DE ÍNDICES DE SELEÇÃO E ESTATÍSTICA  $P_1$  NA IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES

**FELIPE OLIVEIRA VILELA**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas.

Aprovada em 17 de dezembro de 2008

Comissão Examinadora:

---

Leandro Vagno de Souza (D.Sc., em Genética e Melhoramento) – EPAMIG

---

Prof. Telma Nair Santana Pereira (Ph.D., em Melhoramento de Plantas) – UENF

---

Prof. Messias Gonzaga Pereira (Ph.D., em Melhoramento de Plantas) – UENF

---

Prof. Antônio Teixeira do Amaral Júnior (D.Sc., em Genética e Melhoramento) – UENF  
Orientador

À minha esposa Gabriela e ao meu filho Gabriel;  
Ao meu pai Paulo Sérgio e à minha mãe Rita; e  
Aos meus irmãos Fernando e Paulo Sérgio.

***DEDICO***

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, por me acompanhar durante toda a minha vida;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), por tornar possível a concretização de um sonho;

Ao Professor orientador Antônio Teixeira do Amaral Júnior, pelos ensinamentos, incentivo, amizade, confiança e, principalmente, pela paciência;

À professora Telma Nair Santana Pereira, pelas valiosas sugestões e apoio nos momentos de dificuldades;

Ao Professor Messias Gonzaga Pereira, pela atenção e participação em todo meu trajeto;

Ao Engenheiro Agrônomo Paulo Rogério e aos trabalhadores de campo da Ilha do Pomba, em Itaocara, pela colaboração nos ensaios de competição;

Ao Técnico Agrícola José Manoel, a Tatiane da Costa Barbé e aos trabalhadores de campo, pelos auxílios em todas as etapas de implementação do experimento na Estação Experimental da PESAGRO-RIO de Campos dos Goytacazes;

Ao Professor Luiz Henrique (Profeta), pelo apoio na implementação do experimento em Bom Jesus do Itabapoana, e ao aluno Sílvio Freitas, pelo auxílio prestado na condução dos trabalhos de campo;

Às minhas “meninas” Filipe Boca e Milton Osvaldo, pelo abrigo ao sem teto;

Ao Silvério Júnior, pela amizade e pelo apoio dispensado na análise dos dados; e

A todos que, em menor ou maior intensidade, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1. Biossistemática e adaptação do feijão-de-vagem.....	04
2.2. Origem de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.....	06
2.3. Principais aspectos econômicos relacionados ao feijão-de-vagem.....	08
2.4. Melhoramento do feijoeiro.....	09
2.4.1. Teste de geração precoce.....	09
2.4.2. O método “ <i>Single Seed Descent</i> ” (SSD).....	11
2.5. Índices de seleção e ganhos genéticos.....	13
2.6. Interação genótipos por ambientes.....	15
2.7. Adaptabilidade e estabilidade.....	16
2.7.1. Procedimentos não paramétricos.....	19
2.7.1.1. Método Tradicional (1938).....	19
2.7.1.2. Método de Plaisted e Peterson (1959).....	19
2.7.1.3. Método de Wricke (1962).....	20
2.7.1.4. Método de Lin e Binns (1988).....	20
2.7.2. Comparação de alguns procedimentos não paramétricos.....	22
3. Trabalhos.....	24

3.1. Ganhos genéticos em linhas endogâmicas recombinadas $F_{6:7}$ de feijão-de-vagem obtidas via SSD.....	24
3.1.1. RESUMO.....	24
3.1.2. ABSTRACT.....	25
3.1.3. INTRODUÇÃO.....	26
3.1.4. MATERIAL E MÉTODOS .....	28
3.1.4.1. Obtenção da geração segregante $F_2$ .....	28
3.1.4.2. Teste de geração precoce.....	28
3.1.4.3. Consecução das gerações por SSD.....	29
3.1.4.4. Avaliação das linhas $F_{6:7}$ recombinadas.....	30
3.1.4.5. Características avaliadas.....	31
3.1.4.6. Análise estatística.....	32
3.1.4.6.1. Estimação de parâmetros genéticos.....	33
3.1.4.6.2. Índices de seleção na obtenção de ganhos superiores para múltiplas características.....	34
3.1.4.6.2.1. Índice de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943) – Índice Clássico.....	34
3.1.4.6.2.2. Índice clássico proposto por Mulamba e Mock (1978) - Índice com base em soma de postos (ou “Ranks”).....	37
3.1.4.6.2.3. Índice de seleção de Pesek e Baker (1969).....	37
3.1.4.6.2.4. Índice de seleção de Williams (1962).....	38
3.1.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
3.1.5.1. Análise de variância.....	40
3.1.5.2. Parâmetros genéticos.....	43
3.1.5.3. Índice de seleção.....	44
3.1.6. RESUMO E CONCLUSÕES.....	48
3.1.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
3.2. ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAS $F_{7:8}$ DE FEIJÃO DE VAGEM AVALIADAS NO NORTE E NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....	53
3.2.1. RESUMO.....	53
3.2.2. ABSTRACT.....	54
3.2.3. INTRODUÇÃO.....	55
3.2.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	57



3.2.4.1. Local de instalação e implementação do experimento.....	57
3.2.4.2. Características avaliadas.....	59
3.2.4.3. Análise individual e conjunta.....	60
3.2.4.4. Decomposição da interação em parte complexa .....	62
3.2.4.5. Estimadores de estabilidade fenotípica.....	62
3.2.4.5.1. Método Yates e Cochran-Tradicional (1938).....	62
3.2.4.5.2. Método de Plaisted e Peterson (1959).....	63
3.2.4.5.3. Método de Wricke.....	63
3.2.4.5.4. Método de Lin e Binns (1988).....	64
3.2.4.5.5. Metodologia de Kang e Phan (1991).....	65
3.2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
3.2.5.1. Análise de variância individual dos ensaios de competição.....	66
3.2.5.2. Análise de variância conjunta dos ensaios de competição.....	72
3.2.5.3. Estimativas das interações complexas.....	75
3.2.5.4. Análise das estimativas de estabilidade e adaptabilidade.....	79
3.2.5.4.1. Método Yates e Cochran-Tradicional (1938).....	79
3.2.5.4.2. Método de Plaisted e Peterson (1959).....	81
3.2.5.4.3. Método de Wricke (1962).....	83
3.2.5.4.4. Metodologia de Kang e Phan (1991).....	85
3.2.5.4.5. Método de Lin e Binns (1988).....	89
3.2.5.5. Associação entre os métodos de estabilidade.....	93
3.2.6. RESUMO E CONCLUSÕES.....	97
3.2.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
3.3. CARACTERIZAÇÃO DE TRINTA LINHAS ENDOGÂMICAS $F_{7:8}$ RECOMBINADAS DE FEIJÃO-DE-VAGEM E ANÁLISE DE CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS.....	104
3.3.1. RESUMO.....	104
3.3.2. ABSTRACT.....	105
3.3.3. INTRODUÇÃO.....	106
3.3.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	109
3.3.4.1. Local de instalação e implementação do experimento.....	109
3.3.4.2. Características avaliadas.....	110
3.3.5. Análise estatística.....	112
3.3.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	113

3.3.6.1. Características qualitativas.....	113
3.3.6.2. Correlação Conjunta.....	117
3.3.7. RESUMO E CONCLUSÕES.....	121
3.3.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	125
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128

## RESUMO

VILELA, FELIPE OLIVEIRA; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; 2008; Melhoramento genético de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.): avanço de gerações via SSD e uso de índices de seleção e estatística  $P_1$  na identificação de genótipos superiores. Orientador: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Conselheiros: Prof. Messias Gonzaga Pereira e Prof.a Telma Nair Santana Pereira.

Objetivou-se, neste trabalho, selecionar linhas recombinadas superiores de feijão-de-vagem, selecionadas de quatro populações segregantes  $F_2$ , as quais foram selecionadas precocemente e as gerações subseqüentes foram avançadas por SSD. Geraram um total de 120 linhas em  $F_{6:7}$ , as quais foram avaliadas em blocos ao acaso, com repetições dentro de "sets", quanto a sete características de interesse agrônomo. A produtividade média de vagens da geração  $F_{6:7}$  foi 72,00 % superior a da geração  $F_2$ , ratificando a eficiência da seleção precoce. Houve variabilidade genética das linhas  $F_{6:7}$  dentro de "sets". A seleção de genótipos superiores foi possível pelos elevados valores das estimativas de herdabilidade com base na média de famílias. Ganhos superiores na seleção simultânea das características foram expressos pelos índices de Mulamba e Mock (1978) para o desvio-padrão genético e, por Williams, com fulcro em pesos econômicos atribuídos por tentativas, sendo selecionadas as 30 linhas superiores. Na geração  $F_{7:8}$  foi quantificada a interação genótipos por ambiente para oito características morfoagronômicas, assim como a avaliação da adaptabilidade e estabilidade para produtividade de vagens, a obtenção de estimativas de correlação entre oito características e a caracterização morfológica das 30 linhas superiores. Os

experimentos de campo foram instalados nos municípios de Bom Jesus do Itabapoana, Campos dos Goytacazes e Itaocara, localizados nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro no ano de 2007. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com duas repetições, com a parcela contendo 20 plantas. Foram utilizados os métodos de Yates e Cochran (1938), Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1962), Lin e Binns (1988) e Kang e Phan (1991). A análise de variância conjunta revelou interação significativa em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F em relação a diâmetro médio de vagem, altura média de planta, número médio de lóculos por vagem e número médio de sementes por vagem. Para produtividade de vagens, comprimento médio de vagem e peso de cinco vagens, houve diferença significativa para  $P \leq 5$  %. Não houve interação genótipo x ambiente para teor de fibra na vagem pela ANOVA conjunta. A maioria das características apresentou interação do tipo simples, incluindo produtividade de vagens em  $\text{kg ha}^{-1}$ . As estabilidades pelos métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) revelaram total concordância entre si e tiveram forte associação com o método de Yates e Cochran (1938). Esses métodos destacaram genótipos com produtividade de vagens próximas à média geral. O método de Lin e Binns (1988) revelou as linhas mais estáveis e responsivas, sendo também, as mais produtivas. As linhas UENF 7-5-5, UENF 7-6-6 e UENF 9-4-14 foram as que se sobressaíram nos três ambientes estudados. Para 83,40 % das vagens o formato foi do tipo manteiga, preferido pelo mercado consumidor carioca. A linha que apresentou todas as principais características morfológicas de interesse e com a maior produtividade média foi UENF 7-9-9, que foi superior as testemunhas comerciais Top Seed Blue Line e Feltrin 39,27 e 34,80 %, respectivamente. Dentre os 28 pares de características, 92,85 % expressaram valores com significância e a maior magnitude ocorreu entre produtividade de vagens e peso médio de cinco vagens. As duas principais características para o melhoramento da cultura, produtividade de vagem e teor de fibra, expressaram estimativa de correlação negativa e significativa, o que favorece o procedimento de melhoramento, vez que maiores produtividades tendem a produzir vagens com menores teores de fibra, situação desejável para o mercado consumidor.

## ABSTRACT

VILELA, Felipe Oliveira; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; December, 2008; Adaptability and stability of  $F_{7:8}$  lines of snap bean evaluated in the North and Northwestern regions of Rio de Janeiro State. Adviser: Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Committee Members: Messias Gonzaga Pereira and Telma Nair Santana Pereira.

The objective of this work was to select superior recombined inbred lines of snap bean from four  $F_2$  segregant populations that were precociously selected and the subsequent generations were advanced by the SSD method. The 120  $F_{6:7}$  inbred lines generated were conducted in a randomized complete block design with two replications within sets. Seven agronomic traits were evaluated. The mean pod yield in the  $F_{6:7}$  generation was 72 % higher than in the  $F_2$  generation, corroborating the efficiency of precocious selection. There was genetic variability in the  $F_{6:7}$  lines within sets. The selection of superior genotypes was possible due to the high values of the heritability on a family mean basis (narrow sense heritability). Superior gains in the simultaneous selection were expressed by Mulamba and Mock index for the genetic standard deviation and by Williams's index for arbitrary weight attributed by tentative. There were selected 30 superior lines. The genotype by environment (GE) interaction for eight morphoagronomic traits was quantified in  $F_{7:8}$  generation, as well as the adaptability and stability for pod yield, the correlations among eight quantitative traits and the morphological characterization of 30 superior lines. The experiments were undertaken in Bom Jesus do Itabapoana, Campos dos Goytacazes and Itaocara, North and

Northwestern regions of Rio de Janeiro State, during the year of 2007. They were conducted in randomized complete block design with two replications and 20 plants/ plot. The methods of Yates and Cochran (1938), Plaisted and Peterson (1959), Wricke (1962), Lin and Binns (1988) and Kang and Phan (1991) were used to analyze data. The combined analysis of variance revealed a significant GE interaction at 1% of probability by the F test for the following characteristics: mean pod diameter, mean plant height, mean number of locules per pod and mean number of seeds per pod. Regarding to pod yield, mean pod length and 5-pod weight, the differences among lines were significant at  $P \leq 5\%$ . The GE interaction for fiber content was not significant using the combined analysis of variance. Almost all traits showed simple GE interaction, including pod yield in  $\text{kg ha}^{-1}$ . The stabilities determined by Plaisted and Peterson (1959) and Wricke (1962) methods were totally concordant between them and were strongly associated with Yates and Cochran (1938) method. These methods identified genotypes whose pod yield was closed to the general mean. The Lin and Binns method (1998) revealed the most stable and responsive lines, with the highest pod yields. The lines UENF 7-5-5, UENF 7-6-6 and UENF 9-4-14 had the best performance at the three localities analyzed. In 83.40 % of the lines, the pod format was the “manteiga” type, which is preferred by Rio de Janeiro’s consumer market. The line UENF 7-9-9 showed all interesting morphological traits and the highest pod yield, which was higher than the pod yields of the commercial testimonies, Top Seed Blue Line and Feltrin, 39.27 % and 34.80 %, respectively. Among the 28 characteristic pairs, 92.85 % expressed significant values and the highest magnitude observed was between pod yield and mean weight of five pods. Pod yield and fiber content, the main analyzed traits in snap bean genetic breeding, showed negative and significant correlation. This situation simplifies the breeding proceedings because the higher yields usually produce pods with lower fiber content, which is desirable for the consumer market.

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo das hortaliças gera cerca de 2,5 milhões de empregos diretos no campo, produzindo em torno de 15 milhões de toneladas de produtos hortícolas, anualmente. As hortaliças, de maneira geral, são cultivadas por pequenos produtores e chegam a ocupar 800 mil hectares no Brasil (Maluf et al., 2002; Miglioranza et al., 2003; Embrapa, 2003; Queiróz, 2003). Pelo grande número de empregos gerados e pelo volume expressivo de recursos movimentados, as hortaliças possuem grande importância social (Silva et al., 2001; Sudré et al., 2004; Melo, 2006), havendo, atualmente, forte expansão do mercado para o agronegócio (Luz et al., 2006; Silva, 2008), o que motivou o Brasil a candidatar-se para sediar o 5<sup>o</sup> Congresso Pan- americano de Produção de Consumo de Hortaliças e Frutas em 2009 (Portal do Agronegócio, 2008).

Em específico ao feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), a cultura, no Brasil, é conduzida tradicionalmente por produtores familiares, que, em sua maioria, utilizam pequeno número de cultivares, geralmente de crescimento indeterminado, no sistema tutorado (Peixoto et al., 2002), ocupando áreas que variam de 2 a 20 hectares (Janssen, 1992; Filgueira, 2003).

No que se refere ao formato das vagens, as cultivares comerciais podem ser classificadas nos grupos “Macarrão” (que possuem formato circular), “Manteiga” (com formato do tipo achatado) e “Macarrão Rasteiro” (contendo vagens de formato circular) (Rodrigues et al., 1998; Maluf, 2001; Filgueira, 2003).

O valor nutritivo na forma de vagem é distinto daquele utilizado como grão seco no consumo. Apesar de não ser rica em proteínas e calorias como os grãos secos, a vagem constitui fonte de fibra, com apreciável quantidade de vitaminas B1 e B2, além de possuir, em pequenas quantidades, flúor, potássio, cálcio, ferro e vitaminas A e C, bem como proteínas para nutrição humana (Maluf et al., 2002; Santos et al., 2002).

No ano de 2007 foram comercializadas 6.817,55 toneladas de vagem na CEASA-Grande Rio, sendo que 1.008,68 toneladas foram do tipo Macarrão e 5.808,87 toneladas do tipo Manteiga. Porém, para complementar a demanda, o Estado do Rio de Janeiro importa o produto de Estados vizinhos, como Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo (CEASA, 2008).

A produção de olerícolas no Estado do Rio de Janeiro tem sua maior expressão na região Serrana (CEASA, 2008), que detém temperaturas médias anuais mais amenas. Na região Norte Fluminense, fatores como altas temperaturas, solos salinos e a tradição de se cultivar a cana-de-açúcar tornam o volume de produção de hortaliças pequeno, mesmo em nível estadual.

Conforme análise comparativa recente obtida na CEASA-RJ, constatou-se que houve comercialização de aproximadamente 108,76 toneladas em 2007, oriundas das regiões Norte e Noroeste Fluminense (CEASA, 2008). Assim, a produção do Norte e Noroeste Fluminense representou apenas 1,59 % do total de feijão-de-vagem comercializado na CEASA do Estado do Rio de Janeiro no ano de 2007.

Outro fator importante que abaliza essa cultura como uma boa opção de cultivo é o fato de apresentar historicamente um bom valor de mercado (Maluf et al., 2002; Filgueira, 2003; CEASA, 2008).

O Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal da UENF, consciente da responsabilidade social e do compromisso em contribuir para alavancar o desenvolvimento econômico das regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, vem implementando programas de melhoramento genético com a cultura do feijão-de-vagem, com o objetivo de obter materiais genéticos com produtividade e qualidade superiores, permitindo ao produtor maior rentabilidade por unidade de área cultivada.

Em uma ação específica, estudou-se a divergência genética de 25 acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado do Banco de



Germoplasma da UENF por Abreu et al. (2004). Posteriormente, Silva et al. (2004) avaliaram a capacidade combinatória de cinco acessos identificados como divergentes por Abreu et al. (2004). A partir de então, realizou-se o teste de geração precoce em  $F_2$  e quatro populações foram selecionadas e sucessivamente autofecundadas para obtenção de progênies recombinadas  $F_{5:6}$  por meio do método de melhoramento SSD.

Por conseguinte, tencionou-se avaliar o valor agronômico das progênies  $F_{6:7}$ , bem como caracterizar e selecionar 30 linhas  $F_{7:8}$  superiores e estudar a estabilidade e adaptabilidades destas em três ambientes nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, visando abalizar a futura recomendação de cultivar com características de interesse para o produtor e para o mercado consumidor.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Origem de *Phaseolus vulgaris* L.

Segundo o CIAT (1993), o gênero *Phaseolus* está amplamente distribuído pelo mundo, sendo cultivado em regiões tropicais, subtropicais e temperadas. Esse mesmo órgão, na referida citação de 1993, afirmou que dentro do Gênero *Phaseolus*, o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é considerado alimento básico em muitas regiões, inclusive no Brasil.

Existem diversas hipóteses para explicar a origem e domesticação do feijoeiro. Três hipotetizações buscam esclarecer a sua origem: a) é possível que a espécie tenha tido um centro de origem difuso com áreas de domesticação independentes ocorrendo na América Central e do Sul; b) aventase a origem Sul-Americana, com dispersão, após domesticação, para o México e a Guatemala; e c) propôs-se a região Centro-Americana como a única origem (Silbernagel, 1986; Gepts e Debouck, 1991; Zimmermann e Teixeira, 1996; Nuñez, 1997; Vieira et al., 1999).

Formas silvestres, similares as variedades crioulas simpátricas, encontradas no México, associada à existência de tipos domesticados, datados de cerca de 7.000 a.C., na Mesoamérica, suportam a hipótese de que o feijoeiro teria sido domesticado na Mesoamérica e disseminado para a América do Sul. Por outro lado, indícios arqueológicos mais antigos, de cerca de 10.000 a.C., de feijões domesticados na América do Sul (sítio de Guitarrero, no Peru), são

indicativos de que o feijoeiro teria sido domesticado na América do Sul e transportado para a América do Norte (Silbernagel, 1986; Zimmermann e Teixeira, 1996; Vieira et al., 1999).

Segundo Gepts e Debouck (1991), Nuñez (1997) e Freitas (2006), a domesticação de *Phaseolus vulgaris* ocorreu há pelo menos 10.000 anos; porém, de modo independente nas regiões montanhosas da Mesoamérica e América do Sul, a partir de ervas daninhas silvestres presentes nestas regiões. Para os autores, diversas evidências botânicas, arqueológicas e bioquímicas sustentam a domesticação múltipla e independente de suas populações ao longo das Américas.

Com base em padrões eletroforéticos da faseolina, Gepts e Bliss (1985) e, em trabalho posterior, Gepts e Debouck (1991) propuseram a existência de dois centros primários de diversidade genética, tanto para espécies silvestres quanto cultivadas de feijoeiro: o Mesoamericano, que se estende desde o Sudeste dos Estados Unidos da América até o Panamá, tendo como zonas principais o México e a Guatemala – regiões em que as formas silvestres possuem faseolina dos tipos S e M e as cultivadas, S e T –; e o Sul dos Andes, que abrange desde o Norte do Peru até as províncias do Noroeste da Argentina – com feijoeiros silvestres contendo faseolina do tipo T e as formas cultivadas, os tipos S, T, C, H e A. Os autores propuseram também um centro de domesticação adicional, localizado no Norte dos Andes, particularmente na Colômbia, em que as formas silvestres expressam faseolina dos tipos B e CH e as cultivadas, os tipos S, T, C e B.

Gepts e Debouck (1991) constataram também um fato intrigante: como nos Andes não havia faseolina S nas formas silvestres, mas apenas nas cultivadas, e no México e América Central, a faseolina do tipo T não estava presente na forma silvestre, ao contrário do que ocorreu com a cultivada; houve introdução de formas com faseolina do tipo T no México e América Central, provavelmente proveniente dos Andes. De forma análoga, os autores enunciaram que as formas com faseolina do tipo S haviam sido introduzidas nos Andes, possivelmente proveniente do México e América Central.

Menos de 60 anos após o descobrimento da América, em 1492, o feijão era amplamente cultivado na Europa Ocidental. Acredita-se que os primeiros viajantes, depois do descobrimento da América, deram preferência aos feijões do Sul dos Andes, pois a maioria das variedades atuais da Europa possui sementes

grandes, nas quais são encontradas faseolinas dos tipos T, C e H. Ademais, admite-se que a introdução do feijão na África se deu diretamente do Brasil ou indiretamente do Sul dos Andes (Gepts e Bliss, 1985; Gepts e Debouck, 1991; Nuñez, 1997; Vieira et al., 1999; Freitas, 2006).

Na Europa, o feijão só era utilizado como grão e, apenas no final do século XIX, os italianos introduziram uma nova maneira de consumi-lo na forma fresca como um vegetal, qual seja: o feijão verde (Nuñez, 1997; Blair et al., 2007).

## 2.2. Biosistemática e adaptação do feijão-de-vagem

Conforme Vieira et al. (1999), o feijão-de-vagem é uma planta diplóide ( $2n = 2x = 22$ ), com larga adaptação a climas quentes e amenos, permitindo o cultivo em uma ampla faixa térmica, variando de 18 a 30 °C. Em temperaturas superiores a 35 °C, há deficiência de polinização, o que resulta em vagens deformadas e queda significativa na produtividade (Peixoto et al., 2002). Por outro lado, é intolerante a baixas temperaturas (menor que 15 °C) e à geada, sendo o frio o fator limitante do cultivo durante o inverno, ocasionando baixa germinação e desenvolvimento retardado das plantas (Silbernagel, 1986; Mariot, 2000).

Os feijoeiros pertencem à espécie botânica *Phaseolus vulgaris* L., possuindo cultivares que são adaptadas ao consumo de grãos secos ou vagens verdes. É uma planta anual, herbácea, pertencente à família Fabaceae. Apresentam hábito de crescimento determinado ou indeterminado, de acordo com sua constituição genética. Possui caule ereto e piloso com folhas compostas trifolioladas e lanceoladas, apresentando raízes superficiais. As flores do feijoeiro são heteroclamídeas, zigomorfas e pentâmeras (Silbernagel, 1986; Vieira, 1988; Zimmermann e Teixeira, 1996).

Segundo Debouck (1993), o gênero *Phaseolus* compreende aproximadamente 55 espécies, das quais apenas cinco são cultivadas: o feijoeiro-comum e o feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.); o feijão-de-lima (*P. lunatus* L.); o feijão Ayocote (*P. coccineus* L.); o feijão-tepari (*P. acutifolius*); e o *P. polyanthus*.

De acordo com Castellane et al. (1988), o feijão-de-vagem é classificado na mesma espécie botânica do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), diferindo por ser uma hortaliça que fornece vagens imaturas onde são consumidos tanto os

frutos quanto a semente (Filgueira, 2003). As vagens apresentam polpa espessa e carnosa (Silva e Oliveira, 1993).

O feijão-de-vagem é propriamente uma forma melhorada do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), que apresenta características de vagens com menor teor de fibra e textura carnosa, aliadas à coloração verde-clara e forma plana com 15 a 18 cm de comprimento (Pípolo et al., 2001).

O feijão-de-vagem também se diferencia do feijoeiro comum em relação ao número de colheita por ciclo e hábito de crescimento das cultivares. Segundo Barbosa et al. (2001), as cultivares mais utilizadas para a colheita de vagens são as de hábito indeterminado, que permitem várias colheitas em um único ciclo. Por sua vez o feijoeiro comum é colhido uma única vez ao final do ciclo e as cultivares preferidas são as de hábito determinado (Araújo et al., 1996; Vieira et al., 1999).

Em relação ao hábito de crescimento, esse pode ser determinado ou indeterminado, sendo que as cultivares de hábito determinado comumente não ultrapassam 50 cm de altura (Barbosa et al., 2001). Cultivares de crescimento indeterminado exigem, para maiores produções, o tutoramento de suas hastes (Tessarioli e Groppo, 1992).

O feijoeiro-de-vagem é planta autógama e, portanto, se multiplica por autofecundação; a autogamia dessa espécie é devido à estrutura apresentada por sua flor, na qual os órgãos masculinos e femininos são bem protegidos pelas pétalas e também pelo fato de os grãos de pólen caírem sobre o estigma antes de a flor se abrir (Sibernagel, 1986). Elas se autofecundam antes da antese, ocorrendo a fertilização oito a nove horas depois e produzem sementes cujo tamanho e número varia entre as cultivares (Vieira, 1988; Vieira et al., 1999).

O fruto é do tipo legume, mais especificamente, uma vagem, que pode ser reta ou ligeiramente curvada (Vieira, 1988). As cultivares comerciais podem ser classificadas de acordo com o formato da seção circular nos seguintes grupos: Macarrão, Manteiga e Macarrão Rasteiro. As vagens do grupo Macarrão e Macarrão Rasteiro apresentam seção circular com formato cilíndrico; por sua vez, o grupo Manteiga possui vagens com formato achatado (Maluf, 2001; Filgueira, 2003).

Considerando-se a cor, as vagens podem ser verdes, como no caso da maioria das cultivares comerciais, tanto para consumo *in natura* quanto para

industrialização, ou amarelas, que apresentam mercado mais restrito (Castellane et al., 1988; Silva, 2008).

As vagens são colhidas imaturas, com sementes pouco desenvolvidas, sendo o ponto ideal de colheita quando as vagens atingem o máximo de desenvolvimento, com dimensão próxima de 20 cm, porém antes de tornarem-se fibrosas e com sementes salientes. Na prática, este ponto pode ser identificado facilmente observando-se quando as pontas das vagens partem-se ao serem envergadas (Filgueira, 2003).

De acordo com Filgueira (2003), as variedades rasteiras são mais precoces, iniciando a colheita aos 45 dias após o plantio. Já as trepadeiras produzem com 60 a 80 dias. Quanto à duração da colheita, as trepadeiras costumam produzir durante mais de 30 dias.

A colheita no Brasil é manual e a produtividade é variável, sendo as cultivares trepadeiras as mais produtivas, chegando a produzir acima de 20 ton.ha<sup>-1</sup>, enquanto as cultivares rasteiras tendem a produzir a metade desse rendimento (Tessarioli e Groppo, 1992; Maluf, 2001; Filgueira, 2003).

### 2.3. Principais aspectos econômicos relacionados ao feijão-de-vagem

A produção do feijão-de-vagem, no Brasil, é destinada principalmente ao consumo de vagens “*in natura*”, com reduzidas quantidades destinadas à indústria de conservas e para a exportação de vagem refrigerada (Viggiano, 1990). A vagem, no País, tem sua produção concentrada nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, que produzem cerca de 78% da produção total do país (IBGE, 2003). Segundo dados do sistema Agriannual, de 2007, a produção total de feijão-de-vagem no Brasil, em 2006, foi de 58.323 toneladas.

A Região Serrana, do Rio de Janeiro, é a principal produtora do Estado e fornecedora de vagem para a CEASA-Grande Rio. Dentre os municípios com produtividade mais expressiva, citam-se: Nova Friburgo, Teresópolis e Cachoeiras de Macacu; locais em que as temperaturas médias anuais são mais amenas, favorecendo a produção de hortaliças.

A comercialização é realizada em caixas de madeira tipo “K”, que possuem capacidade de armazenamento de 17 a 20 kg para as vagens do tipo Manteiga e de 13 a 17 kg para o tipo Macarrão (Filgueira, 2003).

No Estado do Rio de Janeiro há maior cultivo das variedades de hábito indeterminado, por possibilitarem, quando adequadamente conduzidas, a rotação da cultura em áreas já tradicionais de cultivo de tomate de mesa (Abreu et al., 2004). Pode-se supor, em decorrência, que o feijão-de-vagem se apresenta como uma das mais promissoras alternativas, devido as seguintes características: a) ser um produto de alto valor agregado; b) exigir mão-de-obra intensiva, refletindo em maior empregabilidade; c) estar próxima ao mercado consumidor.

Atualmente, a população tem tido uma maior preocupação com a saúde, e isso tem elevado a demanda por alimentos mais saudáveis, como as hortaliças, que possuem valores significativos de vitaminas, fibras, sais minerais (Queiróz, 2003; Silva, 2008) e baixíssimos níveis de gordura (Balbach e Boarim, 1992).

Nadal et al. (1986) afirmaram que em localidades de inverno ameno o cultivo pode também ser feito na entressafra. Considerando-se que o preço pago ao produtor costuma ser mais elevado durante os meses de inverno, devido à menor oferta do produto nesta época, isso se torna um fator adicionalmente mais favorável ao desenvolvimento da cultura no município, vez que durante o inverno o clima de Campos dos Goytacazes não é inadequado, pois é ameno para o cultivo do feijão-de-vagem.

## 2.4. Melhoramento do feijoeiro

### 2.4.1. Teste de geração precoce

A maioria das características de importância econômica, como a produção de grãos, é controlada por um grande número de genes. Nesse sentido, para se obterem indivíduos extremos é necessário trabalhar com grandes populações. No caso das populações segregantes de autógamias, com o avanço das gerações, a probabilidade de manter o indivíduo com todos os alelos favoráveis é reduzida (Ramalho et al., 1993). Isso exige que se avalie um número crescente de famílias com o decorrer das gerações, o que, muitas vezes, inviabiliza o sucesso dos melhoristas. Para atenuar esse problema, a principal alternativa é a seleção de plantas e/ou de famílias já nas gerações iniciais, isto é, praticar a seleção precoce.

O teste de geração precoce foi proposto inicialmente por Immer (1941), citado por Borém e Miranda (2005), como método para identificar cruzamentos que incluiriam linhas puras superiores. Nesse método são feitos cruzamentos entre genitores para obter sementes  $F_1$ . As plantas  $F_1$  são cultivadas e as sementes  $F_2$  colhidas são usadas para um ensaio de rendimento. Cada cruzamento é um tratamento diferente no teste de rendimento, e cruzamentos com melhores rendimentos são usados como fonte de linhas puras. Famílias menos promissoras são descartadas; dessa forma, o melhorista pode dispensar maior operosidade na avaliação de material remanescente, aumentando a eficiência do seu programa (Borém e Miranda, 2005).

O teste de geração precoce, pela forma original com que foi concebido, não foi amplamente adotado, porque pesquisas indicaram que o número de progênies superiores freqüentemente era tão alto em cruzamentos com baixo rendimento quanto em cruzamentos com alto rendimento (Fehr, 1978). Apesar de pouco adotado na sua forma original, a seleção de genótipos em geração precoce é importante para reduzir a sobrecarga de trabalho do melhorista e, até mesmo, pode ser eficiente quando a seleção é feita para caracteres de alta herdabilidade (Borém e Miranda, 2005).

Destro (1983), em trabalho realizado com soja, verificou na população  $F_2$  que características como altura da planta, peso de sementes, estágio reprodutivo e período de frutificação tiveram elevada herdabilidade, indicando ser possível selecionar já em  $F_2$  para essas características. Entretanto, para a característica produção, Destro (1983) observou baixa herdabilidade na geração  $F_2$ , em que vários genes estão envolvidos e ocorre uma forte influência ambiental.

Bravo et al. (1980) sugeriram a seleção de tamanho de sementes e eliminação de plantas doentes durante as gerações precoces, portanto, segregantes.

Mais recentemente, pesquisas têm demonstrado a eficiência da seleção precoce (Santos et al., 2001; Bernado, 2003; Jones e Smith, 2006). Por exemplo, Santos et al. (2001) avaliaram o efeito da seleção precoce em feijão comum para a cor do grão e rendimento – que, segundo os autores são características controladas por um grande número de genes, provavelmente distribuídos entre os cromossomos – e concluíram que não houve diferença no rendimento (produção de grãos) entre linhas selecionadas e não selecionadas para coloração de grão.



Outrossim, Bernado (2003) analisou a eficiência do teste em geração precoce em espécies autógamas e concluiu que a redução da correlação genética entre características nas gerações  $F_{2:3}$  e  $F_{3:4}$  é somente significativa quando as gerações são avançadas pelo método de “bulk”. O autor verificou ainda que os efeitos de dominância podem ser ignorados se o avanço das gerações ocorre sem influência ambiental, como no caso do SSD.

#### 2.4.2. O método “*Single Seed Descent*” (SSD)

O método SSD permite ao melhorista o avanço de gerações, mantendo a variabilidade genética (Johnson e Bernard, 1962). Segundo Fehr (1978), esse método possibilita que grande número de plantas  $F_2$  seja representado nas gerações futuras, com rápida fixação dos genes nas linhas melhoradas.

A principal característica desse método é a separação da fase de aumento de homozigose da fase de avaliação e seleção. A avaliação e seleção de genótipos só se iniciam após a obtenção das linhagens em homozigose (Ramalho et al., 1993).

O método SSD consiste em avançar as gerações segregantes até que se atinja um nível satisfatório de homozigose, tomando uma única semente de cada indivíduo de uma geração para estabelecer a geração subsequente (Brim, 1966). É sugerida a semeadura de duas ou três sementes de cada planta  $F_2$  em novas covas individuais para assegurar a germinação (Allard, 1971). Após a emergência, uma única planta é preservada e as demais são desbastadas. Tal procedimento é repetido nas gerações seguintes até que o nível de homozigose desejado seja obtido. Dessa forma, cada linhagem corresponde a um genitor  $F_2$  diferente (Fehr, 1987; Ramalho et al., 1993; Machiavelli e Beaver, 2001).

É sabido que a variância genética aditiva entre as plantas nas populações segregantes aumenta na medida em que se avançam gerações (Ramalho et al., 1993; Machiavelli e Beaver, 2001); portanto, a seleção de indivíduos em gerações avançadas, como ocorre no método SSD, beneficia-se da maior variância genética aditiva presente.

Quanto à eficiência do método SSD, Muehlbauer et al. (1981) compararam esse método com o “*bulk*” em simulação por computador. Os autores verificaram que a variância genética aditiva na geração  $F_6$  foi maior no método “*bulk*” que no

SSD. Esta diferença foi atribuída à perda de variabilidade genética durante o avanço das gerações pelo método “*bulk*”.

Na concepção de Ramalho et al. (1993), as principais vantagens do método SSD é que fornece máxima variância genética entre linhagens na população final, é de fácil condução, atinge rapidamente o nível desejado de homozigose, não exige registro das genealogias, pode ser conduzido fora da região de adaptação e requer pequena demanda de área e de mão-de-obra. Os autores destacam que o método SSD oferece ainda benefícios em situações onde é desejável a seleção simultânea de várias características com diferentes herdabilidades.

Como desvantagem do método há a menor oportunidade de seleção nas gerações precoces, excluindo o aproveitamento da seleção natural quando esta é favorável, a qual se torna mais proeminente quando plantas indesejáveis são mantidas dentro da população (Ramalho et al., 1993).

Em comparação com o método genealógico, Pereira (1983) verificou que no cultivo de soja a seleção pelo método SSD foi mais eficiente, uma vez que os genótipos obtidos pelo método SSD foram agronomicamente superiores, principalmente no aspecto de qualidade de sementes.

Tigchellar (1986) afirmou que, em relação ao tomateiro, a seleção em gerações precoces – pelo uso do método genealógico – associada com o SSD, nas gerações subseqüentes, mostrou maior eficiência, tanto em tempo quanto em progresso genético.

Raposo et al. (2000) compararam cinco métodos de condução de populações segregantes em feijoeiro-comum (SSD, “*bulk*”, genealógico, “*bulk*” dentro de  $F_3$  e “*bulk*” dentro de  $F_2$ ) e observaram que os métodos não apresentam diferenças marcantes na obtenção de famílias superiores. No entanto, considerando a facilidade e flexibilidade de condução, os métodos “*bulk*” e SSD são mais vantajosos para os melhoristas.

## 2.5. Índices de seleção e ganhos genéticos

Os índices de seleção constituem técnica multivariada que associa as informações relativas a várias características de interesse agrônômico com as propriedades genéticas da população avaliada. Com os índices de seleção cria-se

valor numérico, que funciona como uma característica adicional, teórico, resultante da combinação de determinadas características selecionadas pelo melhorista, sobre as quais deseja manter seleção simultânea (Cruz e Carneiro, 2003).

O parâmetro que exprime o avanço da geração seguinte em relação à população original é o ganho genético decorrente da seleção efetuada para uma determinada característica. O progresso genético pode ser expresso em percentagem de ganho e, para efeito de comparação, utiliza-se a relação ganho por ano.

A magnitude do ganho genético é em função dos seguintes parâmetros: herdabilidade da característica desejada, diferencial de seleção, variabilidade da característica e dos métodos de melhoramento usados.

Diferentes índices identificam, de maneira rápida e eficiente, materiais genéticos que podem ser mais adequados para os propósitos do melhorista. Como atualmente já se dispõem de recursos computacionais e aplicativos adequados à estimação desses índices, sua obtenção é operacionalmente simples, inexistindo razão para que não sejam utilizados (Cruz e Carneiro, 2003; Santos, 2005).

Smith (1936) foi o primeiro a propor o uso de índice de seleção nos programas de melhoramento de plantas como critério de seleção simultânea de duas ou mais características correlacionadas. Este procedimento foi adaptado ao melhoramento genético animal por Hazel (1943). Segundo esses autores, para se estabelecer o índice de seleção, são necessários o valor econômico relativo a cada característica, as variâncias genóticas e fenotípicas de cada característica e as covariâncias genóticas e fenotípicas entre cada par de características.

Hanson e Johnson (1957) afirmaram não ser necessário designar valores econômicos para todas as características, podendo, para melhorar uma característica primária, como produção, considerar o peso econômico desta como um e as características secundárias, como zero.

Porém, dada a subjetividade na definição dos valores econômicos, diferentes valores para culturas distintas têm sido utilizados, donde se deduz não haver uma regra específica a ser seguida; portanto, os valores dependerão da acuidade do melhorista para as características que se desejam ganhos superiores. Isso pode ser deduzido da leitura das publicações de Subandi et al.

(1973), Maêda et al. (2001), Granate et al. (2002), Vilarinho et al. (2003), Daros et al. (2004), Ferreira et al. (2005), Martins et al. (2006), e Santos et al. (2007), em que o índice de Smith (1936) e Hazel (1946) tem permitido bons resultados no melhoramento para produção com base em características de interesse para culturas diversas.

Pesek e Baker (1969) sugeriram o uso de ganhos genéticos desejados de características individuais, num programa de seleção, para substituir os pesos econômicos relativos no cálculo dos índices de seleção.

Cruz e Carneiro (2003) preconizam como crítica ao índice de ganhos desejados o fato de que as características secundárias, para as quais o melhoramento não é tão importante, não serem incluídas para auxiliar no melhoramento das principais características. Entretanto, Tai (1977) propôs uma generalização no método, de forma a possibilitar a inclusão dessas características no índice.

Willians (1962) propôs o chamado índice-base, objetivando evitar a interferência de imprecisões das matrizes de covariâncias fenotípicas e genotípicas na estimação dos coeficientes que constituem o índice. Cruz e Carneiro (2003) citam que o método propõe o estabelecimento de índices, mediante a combinação linear dos valores fenotípicos médios das características, as quais são ponderadas diretamente pelos seus pesos econômicos. Preconizam ainda que esse índice tem grande aceitação pelos melhoristas, em razão de dispensar as estimativas de variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas, e de ter revelado resultados satisfatórios, quando utilizado como critério de seleção em vários trabalhos de pesquisa.

O índice de Mulamba e Mock (1978), que se baseia em soma de “ranks”, consiste em classificar os genótipos em relação a cada uma das características, em ordem favorável ao melhoramento. Uma vez classificados, as posições são somadas em ordem de cada material genético referente a cada característica, resultando em uma medida adicional adotada como índice de seleção (Cruz e Carneiro, 2003).

## 2.6. Interação genótipos por ambientes

Programas de melhoramento de plantas visam à obtenção de genótipos com alta produtividade, estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos mais variados ambientes da região para a qual são recomendados. Nesse aspecto, a interação genótipos por ambientes (G x A) deve ser concebida não como um problema ou um fator indesejável. Ao contrário, como um fenômeno biológico natural, cumpre conhecê-lo o suficiente bem, para melhor aproveitá-lo no processo de seleção (Chaves, 2001).

Na concepção de Duarte e Vencovsky (1999), a interação de G x A, definida como a resposta diferencial dos genótipos à variação do ambiente, dificulta a seleção de genótipos amplamente adaptados. Além disso, pode inflacionar as estimativas de variância genética, resultando em superestimativas dos ganhos genéticos esperados com a seleção e, conseqüentemente, em menor possibilidade de êxito dos programas de melhoramento.

A interação G x A é um desafio tanto para recomendação de cultivares quanto para os programas de melhoramento genético, pois dificulta a indicação de genótipos de interesse para uma ampla gama de ambientes e, como a seleção é realizada com base em médias de vários ambientes, não se tem certeza do processo seletivo ser fidedigno na indicação de genótipos superiores em cada ambiente. Neste sentido, há duas estratégias básicas para reduzir os efeitos da interação G x A, a saber: a) identificar cultivares específicas para cada ambiente, o que geralmente é inviável devido ao custo; e b) obter genótipos com baixa interação G x A. A estratificação do ambiente em sub-regiões mais homogêneas facilita a seleção de genótipos mais estáveis, mas a interação pode continuar significativa devido ao efeito de ano (Eberhart e Russel, 1966; Scapim et al., 2000).

Vencovsky e Barriga (1992) relataram que não basta apenas detectar a presença de interações, deve-se também considerar a sua natureza. Assim, a interação G x A pode ser simples (quando não causa mudanças na classificação dos genótipos entre ambientes) e complexa (quando altera a classificação dos genótipos entre ambientes). A interação simples indica a presença de genótipos adaptados a uma ampla faixa de ambientes; assim a recomendação de cultivares pode ser feita de forma generalizada. A interação complexa indica a presença de materiais adaptados a ambientes particulares; isto traz uma complicação para o

melhorista uma vez que a recomendação é restrita a ambientes específicos (Ramalho et al., 1993).

Para diminuir o efeito da interação  $G \times A$ , a implementação de experimentos no maior número possível de locais e anos é necessária para se avaliar a magnitude da interação e seu possível impacto sobre a seleção e a recomendação de cultivares. A fim de tornar essa recomendação a mais segura possível, é necessário um estudo detalhado acerca da adaptabilidade e da estabilidade das cultivares, assim como de suas características importantes, economicamente. Muitos autores consideram que a avaliação de genótipos visando à identificação e recomendação de materiais superiores em diferentes ambientes como uma das etapas mais importantes de um programa de melhoramento (Vencovsky e Barriga, 1992; Ramalho et al., 1993, Farias et al., 1997; Nunes et al., 2002).

Estudos a respeito da interação  $G \times A$ , apesar de serem de grande importância para o melhoramento, não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais. Para tal objetivo, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, pelas quais torna-se possível a identificação de cultivares com comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (Cruz et al., 2004).

## 2.7. Adaptabilidade e estabilidade

Segundo Vencovsky e Barriga (1992), a adaptabilidade e a estabilidade, embora sejam fenômenos relacionados, não devem ser considerados como um só. Em um contexto biológico evolutivo, o termo adaptação pode ser entendido como um processo, e o termo adaptabilidade como característica inerente ao indivíduo, relativo ao seu desempenho em um conjunto de ambientes (Ridley, 1997).

Eberhart e Russel (1966) consideram a adaptabilidade como sendo a capacidade dos genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente. O ideal é que uma cultivar apresente adaptabilidade geral, capaz de responder ao estímulo do ambiente e de ser estável, mantendo bom desempenho quando as condições ambientais forem desfavoráveis à cultura.

Outro conceito para adaptabilidade muito utilizado hoje é aquele preconizado por Verma et al. (1978), que definem como sendo a capacidade dos genótipos apresentarem rendimentos elevados e constantes em ambientes desfavoráveis, mas com habilidade de responder à melhoria das condições ambientais.

A estabilidade pode ser descrita como a capacidade de um genótipo de evitar flutuações substanciais na produção sobre vários ambientes. Pode-se considerar como a capacidade dos genótipos apresentarem comportamento previsível em função das variações ambientais (Lin et al., 1986; Cruz et al., 2004).

Vencovsky e BARRIGA (1992) chamaram a atenção para a existência de grupos de pesquisadores que preferiam utilizar o termo estabilidade para referirem-se à maior habilidade apresentada por certos genótipos, para adaptarem-se às flutuações climáticas ao longo de anos agrícolas dentro de uma localidade. O termo adaptabilidade seria, nesse caso, empregado para designar a adaptação ecológica a diferentes ambientes, tais como locais ou outras condições geográficas.

Os melhoristas estão de acordo sobre a importância da estabilidade, cujo interesse está na obtenção de variedades que se comportem bem não apenas em um ambiente particular, mas também em outras condições ambientais. Isso se deve, muitas vezes, à sobreposição e ao descontrole das épocas de plantio pelos agricultores que antecipam ou ultrapassam a época definida pelo zoneamento ecológico da cultura.

Por meio de análises estatísticas de adaptabilidade e estabilidade identificam-se as cultivares de comportamento mais estável e que respondem previsivelmente às variações ambientais. Algumas dessas análises permitem, também, dividir os efeitos da interação  $G \times A$  em efeitos de genótipos e de ambientes, revelando a contribuição relativa de cada um para a interação total (Rocha, 2002).

Dentre os métodos propostos para determinação da adaptabilidade e estabilidade, destacam-se os procedimentos fundamentados em análise de variância, regressão linear simples, regressão múltipla, regressão quadrática, análise multivariada, dentre outros.

As diferenças entre eles originam-se nos diferentes conceitos e procedimentos matemáticos utilizados para quantificar a interação ( $G \times A$ ) e suas

conseqüências nos programas de melhoramento. A escolha do método de análise depende principalmente do número de ambientes disponíveis, da precisão necessária e do tipo de informação desejada. De maneira geral, alguns métodos são alternativos, enquanto outros são complementares; entretanto tais métodos podem ser utilizados em conjunto (Cruz et al., 2004). Importante é que os métodos forneçam as mesmas informações em termos de indicação de cultivares, ou seja, tenham alto grau de concordância em relação aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. Nesse caso, a escolha do método deve recair naquele de simples execução e fácil interpretação.

Na literatura são descritos vários métodos para estudo e quantificação da interação genótipos por ambientes, entre os quais destacam-se os procedimentos baseados na variância da interação genótipo x ambientes (Yates e Cochran, 1938; Plaisted e Peterson, 1959; Wricke, 1962); métodos não-paramétricos (Lin e Binns, 1988; Huenh, 1990; Kang e Phan, 1991; Annicchiarico, 1992); métodos fundamentados na análise de regressão linear simples (Finlay e Wilkinson, 1963; Eberhart e Russel, 1966); regressão linear múltipla (Silva e Barreto, 1986; Cruz, et al., 1989; Storck e Vencovsky, 1994); regressão quadrática (Brasil e Chaves, 1994); análise multivariada, como o AMMI, do inglês “additive main effects and multiplicative interaction analysis” (Zobel et al., 1988, ampliada por Gauch e Zobel, 1996), que combina, num único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais – genótipos e ambientes – e componentes multiplicativos para os efeitos da interação  $G \times A$  (Duarte e Vencovsky, 1999); análise multivariada por componentes principais, como a ACP, proposta por Crossa (1990); análise multivariada pelo agrupamento dos ambientes, como a propositura de Hanson (1994), dentre outros.

Mais recentemente, Purchase et al. (2000) desenvolveram uma modificação no método AMMI, possibilitando análise da estabilidade por meio de dois eixos via Componentes Principais, de interesse prático para a dispersão dos genótipos com base na produtividade e estabilidade. Segundo Annicchiarico (2002), o método permite combinar em uma única medida o mérito e a estabilidade dos genótipos.

Com base no quantitativo de ambientes disponível, os procedimentos selecionados para análise dos dados experimentais do presente trabalho compõem o tópico seguinte.



## 2.7.1. Procedimentos paramétricos

### 2.7.1.1. Método Tradicional (1938)

Uma das primeiras propostas para avaliar o comportamento individual de genótipos, avaliados em várias condições ambientais, foi a apresentada por Yates e Cochran (1938), mais conhecida atualmente como método tradicional.

O método tradicional consiste em se fazer uma análise conjunta dos experimentos, ou seja, analisar os diversos genótipos nos vários ambientes e, posteriormente, fazer a decomposição da soma de quadrados (SQ) devida aos ambientes adicionada à SQ da interação  $G \times A$  em somas de quadrados de ambientes dentro de cada genótipo (SQA/G). A variação de ambientes dentro de cada genótipo é usada como estimulador da estabilidade, de modo que o genótipo que apresentar menor quadrado médio, ou seja, menor variância é o mais estável (Daros et al., 2000).

A vantagem apresentada por este método é que pode ser aplicado nas situações em que se dispõe de um número restrito de ambientes (mínimo de três). Apresenta como desvantagem o fato de o parâmetro de estabilidade ser pouco preciso e de se fazer uso de um conceito de estabilidade que não é de grande interesse para o melhorista (Cruz et al., 2004).

### 2.7.1.2. Método de Plaisted e Peterson (1959)

A metodologia apresentada por Plaisted e Peterson (1959) teve como proposta conhecer a variação dos efeitos ambientais em cada genótipo e a contribuição relativa de cada um para a interação total dos genótipos com ambientes. Essa metodologia fornece informações sobre a interação  $G \times A$ , mas não caracteriza o comportamento individual dos genótipos sob várias condições ambientais.

O método apresenta como vantagem poder ser utilizado a um número reduzido de ambientes. Suas desvantagens devem-se à imprecisão do parâmetro

de estabilidade, inerente a qualquer componente de variância, à falta de informações a respeito dos ambientes avaliados e do direcionamento da resposta dos cultivares à variação ambiental (Cruz et al., 2004).

#### 2.7.1.3. Método de Wricke (1962)

Wricke, em 1962, por meio de uma análise de variância, calculou a contribuição individual dos genótipos para a interação e denominou essa estatística de “ecovalência”. Sua estimativa consiste na decomposição da soma de quadrados da interação genótipos por ambientes nas partes devidas dos genótipos isolados.

Essa metodologia tem a vantagem de ser aplicada a situações em que se dispõe de pequeno número de ambientes e, como desvantagens, a imprecisão do parâmetro de estabilidade, inerente a qualquer componente de variância; a falta de informações a respeito dos ambientes avaliados e do direcionamento da resposta dos genótipos à variação ambiental. Assim, o parâmetro estimado por este método refere-se apenas a estabilidade fenotípica.

O método é considerado como sendo bastante prático e indicado, principalmente, na rotina de seleção de progênies superiores em etapas finais de um programa de melhoramento (Rocha, 2002).

Por esse método identifica-se a cultivar de desempenho superior, considerando a média geral, e aquela de comportamento mais previsível, em função das variações temporárias proporcionadas pelo ambiente.

#### 2.7.2. Procedimentos não paramétricos

##### 2.7.2.1. Método de Lin e Binns (1988)

Lin e Binns (1988) propuseram a identificação do genótipo com desempenho máximo. A avaliação de tal método é relativa a uma cultivar hipotética de adaptabilidade geral, cujo coeficiente de regressão da produtividade, em função dos índices ambientais, é igual à unidade, ou seja, a estatística  $P_i$ , que considera um único parâmetro (o próprio  $P_i$ ), o qual explicaria a estimativa da adaptabilidade e estabilidade do genótipo  $i$ . Ao compreender o parâmetro  $P_i$  como

estabilidade e adaptabilidade, há que se levar em conta que nos métodos que avaliam o comportamento das cultivares por análise de regressão, o índice ambiental – definido como a diferença entre a média dos genótipos em cada ambiente e a média geral – representa a variável independente. Portanto, o coeficiente de regressão da média dos genótipos avaliados em cada ambiente em função dos índices ambientais – que nesse caso é a variável dependente, sendo a média dos genótipos em cada ambiente menos uma constante (essa por sua vez é a média geral) –, é igual a um.

Assim, a regressão do valor máximo, ou resposta máxima de cada local em função dos índices ambientais, também apresentará coeficiente de regressão igual, ou muito próximo à unidade; empiricamente, tem sido demonstrado ser esse fato verdadeiro (Cruz et al., 2004). Esses autores consideram ainda que, em razão de a estatística deste método ser o quadrado médio da distância em relação à resposta máxima em cada local, e não a distância simples, ela tem propriedade de variância, ou seja, pondera de maneira eficiente os desvios de comportamento das cultivares nos ambientes, ou, ainda, considera a estabilidade de comportamento.

Sabe-se, portanto, que a estatística  $P_i$ , por considerar o rendimento do genótipo e a resposta relativa deste como coeficiente de regressão igual à unidade, é uma medida de adaptabilidade e a sua flutuação a medida da estabilidade fenotípica. Estas propriedades fazem com que  $P_i$  seja a estatística eficiente para avaliar os parâmetros adaptabilidade e estabilidade fenotípica, mesmo não sendo o conceito mais atual para adaptabilidade (Cruz et al., 2004).

Carneiro (1998) sugeriu modificações no método de Lin e Binns (1998) tornando esta metodologia com propriedades mais adequadas à avaliação do comportamento genotípico, decompondo a estatística  $P_i$  em ambientes favoráveis e desfavoráveis, sendo o parâmetro  $P_i$  denominado MAEC (medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento).

Muitos autores confirmam a facilidade de trabalhar com a estatística  $P_i$ , conseguindo recomendar materiais promissores para diferentes ambientes (Farias et al., 1997; Daros et al., 2000; Botrel et al., 2005; Côrrea et al., 2006).

### 2.7.3. Comparação de alguns procedimentos não-paramétricos

Atualmente, análises comparativas entre os métodos não paramétricos têm merecido maior atenção de biometristas, no intento de buscar maior refinamento para a identificação do genótipo ideal.

Dentre as inovações, exemplifica-se o agrupamento de métodos não-paramétricos por análise de escala multidimensional para a averiguação das dissimilaridades entre os métodos (Sabaghania et al., 2006; Mohammadi et al., 2007; Mohammadi e Auri, 2008).

É interessante notar que não há um método considerado ideal. De qualquer forma, a ponderação de métodos não paramétricos pelo parâmetro de estabilidade e pela média fenotípica produzindo um novo ranqueamento, conforme proposto por Kang e Phan (1991), promove uma melhor acurácia na identificação de genótipos mais estáveis. Esse procedimento adveio da concepção de Kang (1988) de proceder ao ranqueamento dos genótipos pela produtividade e pela estabilidade de variância de Shukla (1972). Nesse método, o genótipo com maior produtividade e menor valor de estabilidade recebe a menor nota e o resultado da soma desses ranqueamentos revela que o genótipo mais desejável é o de menor magnitude da soma de “ranks”.

O agrupamento de métodos não paramétricos por meio de análise multivariada informa a respeito da proximidade entre os procedimentos usados, possibilitando utilizar o adequado dentre os mais similares para os genótipos avaliados e as condições climáticas dos ambientes (Sabaghania et al., 2006).

Todavia, um procedimento que o pesquisador não deve deixar de utilizar é a análise da correlação entre os métodos, que revela, de forma mais quantitativa, a proximidade dos resultados entre os métodos.

Em 1998, Flores et al., trabalhando com feijão-fava (*Vicia faba*), obtiveram elevada correlação entre os procedimentos não paramétricos fundamentados na média das diferenças absolutas de “rank” de um genótipo para “n” ambientes e o método com base na variância entre os “ranks” para os “n” ambientes utilizados.

De forma semelhante, Scapim et al. (2000), em experimentos com milho pipoca obtiveram correlações positivas e altamente significativas entre os procedimentos utilizados por Flores (1998) e a soma dos desvios absolutos dos genótipos nos ambientes.

Em feijão-comum, Backes et al. (2005) avaliaram a estabilidade e adaptabilidade de treze genótipos em dez localidades do Estado de Santa

Catarina nos anos agrícolas 2000/01 e 2001/02. Utilizando três metodologias (duas não-paramétricas e uma paramétrica), constataram pouca concordância entre as metodologias não-paramétricas de Lin e Binns (1998) e de Yates e Cochran (1938).

Por sua vez, Elias et al. (2007), estudando a estabilidade e adaptabilidade de linhagens e cultivares de feijoeiro do grupo Carioca, no total de quatorze genótipos, em dez ensaios de valor de cultivo e uso (VCU), por meio de um método não-paramétrico (Annicchiarico, 1992) e dois paramétricos (Ebehart e Russel, 1966; e Cruz et al., 1999), constataram que houve concordância entre as metodologias na indicação de genótipos, com exceção da recomendação para ambientes desfavoráveis.

### 3. TRABALHOS

#### 3.1 GANHOS GENÉTICOS EM LINHAS ENDOGÂMICAS RECOMBINADAS $F_{6:7}$ DE FEIJÃO-DE-VAGEM OBTIDAS VIA SSD

##### RESUMO

Com o objetivo de selecionar linhas recombinadas superiores de feijão-de-vagem, quatro populações segregantes  $F_2$  foram selecionadas precocemente e as gerações subseqüentes foram avançadas por SSD. Geraram-se 120 linhas em  $F_{6:7}$ , as quais foram avaliadas em blocos ao acaso com repetições dentro de “sets” quanto a sete características de interesse agrônômico. A produtividade média de vagens da geração  $F_{6:7}$  foi 72,00 % superior à produtividade obtida na geração  $F_2$  embora em condições de cultivo diverso. Houve variabilidade genética das linhas  $F_{6:7}$  dentro de “sets”. A seleção de genótipos superiores foi possível pelos elevados valores das estimativas de herdabilidade com base na média de famílias. Ganhos superiores na seleção simultânea das características foram expressos pelo índice de Mulamba e Mock (1978) para o desvio-padrão genético e, por Williams, com fulcro em pesos econômicos atribuídos por tentativas. A linha 3 (UENF 7-3-3) da geração  $F_{6:7}$ , com produtividade de 8.050,00 Kg ha<sup>-1</sup> e teor de

fibra nas vagens de 0,3650 %, tem alto potencial para lançamento como nova cultivar.

## GENETIC GAINS IN F<sub>6:7</sub> RECOMBINED INBRED LINES OF SNAP BEAN BY THE SSD METHOD

### ABSTRACT

With the purpose to select superior recombined inbred lines of snap bean, four F<sub>2</sub> segregant populations were precociously selected and the subsequent generations were advanced by the SSD method. The 120 F<sub>6:7</sub> inbred lines generated were conducted in a randomized complete block design with two replications within sets. Seven agronomic traits were evaluated. Although in assorted cultivation conditions, the mean pod yield in the F<sub>6:7</sub> generation was 72% higher than in the F<sub>2</sub> generation. There was genetic variability in the F<sub>6:7</sub> lines within sets. The selection of superior genotypes was possible due to the high values of the heritability on a family mean basis (narrow sense heritability). Superior gains in the simultaneous selection were expressed by Mulamba and Mock index for the genetic standard deviation and by Williams index for arbitrary weight attributed by tentative. The line 3 (UENF 7-3-3) of the F<sub>6:7</sub> generation showed 8,050 Kg ha<sup>-1</sup> for pod yield and 0.3650 % for fiber content and it has a high potential to be released as a new cultivar.

### INTRODUÇÃO

Apesar de o feijão-de-vagem ser altamente apreciado pelos consumidores do Norte e Noroeste Fluminense e, a despeito destas regiões não exprimirem, em grande parte do ano agrícola, condições climáticas impeditivas para o cultivo do

feijão-de-vagem, as respectivas regiões detêm participação ínfima na produção estadual. No ano de 2007, por exemplo, apenas 1,59 % das vagens comercializadas na CEASA-RJ provieram do Norte e Noroeste Fluminense (CEASA, 2008).

Em decorrência, é premente implementar programas de melhoramento genético com a cultura, no intento de obter genótipos com produtividade e qualidade superiores que possam ser utilizados como opção rentável de cultivo pelos produtores do Norte e Noroeste Fluminense.

Em se tratando de espécie autógama, para a obtenção de genótipos superiores, torna-se imprescindível iniciar o programa com a ampliação da base genética por meio de hibridações (Ramalho et al., 1993; Raposo et al., 2000; Condé et al., 2004). Em continuidade, uma alternativa viável para evitar a perspectiva de insucesso do programa em se trabalhar com grandes populações é a utilização da seleção precoce em gerações iniciais.

Embora a seleção precoce não tenha sido amplamente utilizada a partir da forma original proposta por Immer, em 1941, sobretudo em razão do ceticismo quanto à eficiência para a seleção favorável de características quantitativas, mais recentemente, relatos de pesquisas têm demonstrado a eficiência do procedimento (Santos et al., 2001; Bernardo, 2003; Jones e Smith, 2006).

Como exemplo, em feijão-comum, Santos et al. (2001), ao avaliarem o efeito da seleção precoce em  $F_2$  para cor e produção de grãos – que, conforme os autores são características controladas por um grande número de genes, provavelmente distribuídos em todos os cromossomos – constataram que não houve diferenças na produção de grãos entre linhas selecionadas e não-selecionadas para cor de grãos.

Por sua vez, Bernardo (2003), ao analisar a eficiência do teste de geração precoce em espécies autógamas, concluiu que a redução da correlação genética entre características da geração  $F_{2:3}$  para  $F_{3:4}$ , sob seleção precoce, somente torna-se considerável se o avanço entre as gerações for praticado pelo método “bulk” e que o efeito de dominância pode ser ignorado se o avanço das gerações depender apenas de fatores genéticos, como ocorre com o método SSD (“single seed descent”).

Para a condução de populações segregantes até  $F_{5:6}$  e seleção de linhas, o método SSD, descrito por Brim (1966), apresenta como vantagens a redução do



tempo requerido para obtenção de linhagens homozigóticas, vez que a avaliação e seleção de genótipos só se iniciam após a obtenção das linhagens em homozigose e, assim, várias gerações podem ser conduzidas em um mesmo ano (Fehr, 1987; Ramalho et al., 1993; Mcchiavelli e Beaver, 2001; Borém e Miranda, 2005).

Objetivou-se, com este trabalho, selecionar linhas recombinadas de feijão-de-vagem em  $F_{6,7}$ , a partir do avanço de gerações por SSD, de populações superiores selecionadas precocemente em  $F_2$ .

## MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1.1.1. Obtenção da geração segregante $F_2$

A seleção dos genitores foi realizada com base no trabalho realizado por Abreu et al. (2004), que caracterizou a diversidade genética de 25 acessos do Banco de Germoplasma da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro por meio de procedimentos multivariados.

Os cruzamentos dialélicos realizados por Silva et al. (2004a) foram indicados com base na sua diversidade genética e foi utilizado o modelo 2 de Griffing (1956). A geração segregante  $F_2$  foi constituída por sementes de dez híbridos dialélicos que foram obtidos por Silva et al. (2004a) a partir do cruzamento entre cinco acessos divergentes do Banco de Germoplasma da UENF. Utilizando como primeiro genótipo o genitor o feminino, a geração  $F_2$ , conteve os pares: UENF 1432 x UENF 1429, UENF 1442 x UENF 1429, UENF 1442 x UENF 1432, UENF 1445 x UENF 1429, UENF 1445 x UENF 1432, UENF 1445 x UENF 1442, UENF 1448 x UENF 1429, UENF 1448 x UENF 1432, UENF 1448 x UENF 1442 e UENF 1448 x UENF 1445.

### 3.1.1.2. Teste de geração precoce

O plantio da geração  $F_2$  ocorreu em 09 de julho de 2003, em área da Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) da UENF, no delineamento em blocos ao

acaso com três repetições. Cada bloco conteve as dez populações  $F_2$  correspondentes aos híbridos dialélicos, seus respectivos genitores e cinco testemunhas (UENF 1437, UENF 1441, UENF 1444, UENF 1449 e UENF 1451). Dessa forma, cada bloco constou de vinte parcelas; cada parcela conteve 20 plantas, sendo que as 18 internas foram consideradas úteis, as quais foram efetivamente avaliadas quanto ao peso médio de vagens. O final da colheita das vagens ocorreu em 09 de outubro de 2003.

Da geração  $F_2$ , foram selecionados 40 % das populações, com base na superioridade para rendimento de vagens (peso médio), em  $\text{Kg ha}^{-1}$ , o que proporcionou a formação de quatro populações superiores para avanço de gerações. As populações selecionadas provieram das combinações UENF 1442 x UENF 1429, UENF 1448 x UENF 1429, UENF 1448 x UENF 1442 e UENF 1448 x UENF 1445 e receberam as designações de população P7, P9, P14 e P15, respectivamente, por se referirem aos números que os tratamentos receberam para representar as parcelas nos blocos. As produtividades de vagens expressas por essas populações foram: 2.115,50  $\text{Kg ha}^{-1}$  (P7), 1.801,35  $\text{Kg ha}^{-1}$  (P9), 2.569,90  $\text{Kg ha}^{-1}$  (P14) e 2.498,60  $\text{Kg ha}^{-1}$  (P15). Na Tabela 1 há a descrição dos genitores quanto à procedência e tipo de vagem.

Tabela 1 - Genitores de feijão-de-vagem, procedência e tipo de vagem

Genitor	Procedência	Tipo de vagem
UENF 1429	México	Macarrão
UENF 1442	Rio de Janeiro	Manteiga
UENF 1445	Rio de Janeiro	Manteiga
UENF 1448	Espírito Santo	Manteiga

### 3.1.1.3. Consecução das gerações por SSD

Para a constituição da geração  $F_3$ , de cada população selecionada no teste de geração precoce, foram colhidas, separadamente, as sementes de 18 plantas das respectivas unidades experimentais nos blocos, totalizando 18 pacotes com sementes por repetição. Desta maneira, de cada população, foram colhidas 54 plantas individualmente.

Cada planta deu origem a uma “família” em F<sub>3</sub>, que foi representada por uma planta; em decorrência, cada população, em F<sub>3</sub>, constou de 54 “famílias”, gerando um total de 216 genótipos.

O plantio das populações, em F<sub>3</sub>, ocorreu em 20 de março de 2004, com plantio em vasos de 5 dm<sup>3</sup>, em casa-de-vegetação da UAP/UENF. Na ocasião do plantio, foram colocadas três sementes oriundas de uma mesma vagem por vaso, deixando-se apenas uma planta após o desbaste. Cada vaso conteve em proporções iguais de areia, solo peneirado e de esterco. Além de irrigações periódicas, foram feitas as adubações seguindo as recomendações técnicas. A colheita de sementes F<sub>4</sub> foi realizada em 26 de junho de 2004, adotando-se o procedimento de coletar uma vagem por planta.

Na continuidade do método SSD, as plantas da geração F<sub>4</sub> foram cultivadas reproduzindo-se os procedimentos utilizados na condução da geração F<sub>3</sub>. Para fins de registro, plantas da geração F<sub>4</sub> foram semeadas em 18 de julho de 2004 e colhidas as sementes F<sub>5</sub> em 24 de outubro de 2004. Em 15 de janeiro de 2005, procedeu-se ao cultivo das sementes F<sub>5</sub> e, em 16 de março do mesmo ano, foram obtidas as sementes F<sub>6</sub>.

Considerando-se a necessidade de obtenção de suficiente quantidade de sementes para avaliação das populações em campo, procedeu-se à multiplicação das sementes das plantas F<sub>6</sub>, em casa-de-vegetação da UAP/UENF, no período de setembro a dezembro de 2005.

#### 3.1.1.4. Avaliação das linhas F<sub>6:7</sub> recombinadas

As linhas recombinadas foram cultivadas em área de 3.240 m<sup>2</sup>, em condições de campo, na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, no município de Campos dos Goytacazes, RJ, no período de maio a agosto de 2006.

Para tanto, foi adotado o sistema de estratificar as populações/famílias/genótipos em “sets”, no delineamento em blocos ao acaso com duas repetições. Mais especificamente, cada “set” foi constituído por quatro populações. Cada população conteve 10 famílias e cada família foi composta por uma fileira com 20 plantas espaçadas em 0,50 m entre si e 1,00 m entre as fileiras. Para fins de comparação dos genótipos, em cada “set” foram incluídas as testemunhas “Top Seed Blue Line”, “Feltrin” e “UENF 1445” (genitor 19), cada

qual também foi disposta em fileiras de 10,0 m, com espaçamento de 0,50 m entre plantas e de 1,00 m entre fileiras. As populações, famílias e testemunhas foram aleatorizadas nos “sets”. Considerando-se as testemunhas, em cada “set” foram avaliadas 860 plantas, totalizando a avaliação de 5.160 plantas no experimento.

As avaliações foram realizadas com base nas plantas centrais, sendo as duas plantas das extremidades mantidas para produção de sementes. Utilizou-se como bordaduras a cultivar Carioquinha, com duas fileiras externas no entorno de todo o experimento.

A semeadura foi realizada em 18 de maio de 2006, colocando-se três sementes por cova. Quinze dias após a germinação, foram realizados o desbaste e o tutoramento das plantas. No período de 7 a 27 de agosto de 2006, foram realizadas quatro colheitas, tendo o experimento de campo uma duração de aproximadamente 120 dias. Durante a condução do experimento, foram realizados os tratos culturais e fitossanitários recomendados para a cultura, segundo Filgueira (2003).

#### 3.1.1.5. Características avaliadas

Foram avaliadas as seguintes características quantitativas:

**Altura média de planta (ALTP)** - Foi obtida pela quantificação da altura correspondente à distância do colo até o final da haste principal, em uma amostra de 5 plantas de cada parcela, sendo expressa em m.

**Comprimento médio da vagem (COMP)** – Foi obtido pela quantificação do comprimento longitudinal das vagens, em uma amostra de 10 vagens por planta, sendo expresso em cm.

**Número médio de lóculos por vagem (NLOC)** – Foi obtido pela contagem do número total de lóculos de cada vagem, em uma amostra de 10 vagens por planta.

**Número médio de sementes por vagem (NSEM)** – Foi obtido pela contagem das sementes produzidas por vagem, em uma amostra de 10 vagens por planta.

**Teor médio de fibra na vagem (FI)** – Foi obtido a partir de 10 g de vagens *in natura*, trituradas por 3 minutos em liquidificador; em seguida, as amostras

foram depositadas em peneiras de 30 *mesh* e lavadas em água corrente. Posteriormente, as amostras foram lavadas com acetona a 100 % e secas em estufa a 105 °C por 1 hora, procedendo-se, então, à pesagem do material, sendo o resultado expresso em % (adaptado de Frank et al., 1961; Rodrigues, 1997; Rodrigues et al., 1998; Abreu et al., 2004; Silva et al., 2004b).

**Produtividade de vagens (PROD)** – Foi obtida pela razão entre a quantificação do peso de todas as vagens de cada parcela e o número de plantas avaliadas da parcela, sendo expressa em  $\text{Kg ha}^{-1}$ .

**Número médio de vagens (NV)** – Foi obtido pela razão entre o número total de vagens da parcela e sua razão pelo quantitativo de plantas avaliadas na parcela.

#### 3.1.1.6. Análise estatística

As características avaliadas foram submetidas à análise de variância, conforme o delineamento em blocos casualizados, com duas repetições dentro de “sets”, de acordo com o seguinte modelo genético-estatístico (Hallauer e Miranda Filho, 1986):  $Y_{ijkl} = \mu + S_i + R/S_{ij} + P_k + SxP_{ik} + F/PxS_{ikl} + \varepsilon_{ijkl}$ . Nesse modelo,  $\mu$  é a média;  $S_i$  é o efeito do  $i$ -ésimo “set”;  $R/S_{ij}$  é o efeito da  $j$ -ésima repetição dentro do “set”;  $P_k$  é o efeito da  $k$ -ésima população;  $SxP_{ik}$  é o efeito da interação entre “set” e população;  $F/PxS_{ikl}$  é o efeito da  $l$ -ésima família dentro da interação do  $i$ -ésimo “set” na  $k$ -ésima população; e  $\varepsilon_{ijkl}$  é o erro experimental.

As fontes de variação foram consideradas aleatórias, com exceção da população. O programa SAS (SAS, 2001) foi utilizado para a realização das análises estatísticas.

A Tabela 2 contém o esquema da análise de variância, com as respectivas esperanças de quadrados médios.

Tabela 2 - Fontes de variação experimental, com os respectivos graus de liberdade e esperanças do quadrado médio para o delineamento em blocos ao acaso estratificado em “sets”, com hierarquização de genótipos em famílias e, destas, em populações.

FV	GL	QM	E (QM)
Sets (S)	s -1	QMS	$\sigma^2 + fp\sigma_R^2 + rpf\sigma_S^2$
Repetição (R)/S	s (r -1)	QMR	$\sigma^2 + fp\sigma_{RS}^2$
População (P)	(p -1)	QMP	$\sigma^2 + r\sigma_F^2 + rf\sigma_{SP}^2 + srf\theta_P$
S x P	(s - 1) (p - 1)	QMSP	$\sigma^2 + r\sigma_F^2 + rf\sigma_{SP}^2$
Famílias (F)/PxS	sp (f -1)	QMF	$\sigma^2 + r\sigma_{F/PxS}^2$
Erro	s (pf -1) (r-1)	QME	$\sigma^2$
Total	pfrs -1		

$$\theta_p = \frac{\sum_k P_k^2}{p-1}$$

### 3.1.1.6.1. Estimação de parâmetros genéticos

A partir das esperanças de quadrados médios, apresentadas na Tabela 2, foram obtidas as estimativas dos componentes de variância. O estimador da variância genotípica entre famílias foi expresso por:

$$\sigma_G^2 = \frac{QMF - QME}{r},$$

em que:

QMF = quadrado médio de famílias dentro de populações x “sets”;

QME = quadrado médio do resíduo; e

r = repetição.

A herdabilidade com base na média de famílias foi estimada pela expressão:

$$h_x^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2},$$

sendo:  $\sigma_p^2 = \frac{QMF}{r}$  o estimador da variância fenotípica entre famílias.

A variância ambiental foi obtida pela expressão:  $\sigma^2 = \frac{QME}{r}$ .

O coeficiente de variação genotípica foi expresso por:

$$CV_G = \frac{\sqrt{\sigma_G^2}}{m} \times 100$$

O estimador do coeficiente de variação experimental foi expresso por:

$$CV_e = \frac{\sqrt{QM_{resíduo}}}{m} \times 100$$

Na obtenção do Índice de Variação, utilizou-se o estimador:  $I_V = \frac{CV_G}{CV_e}$

### 3.1.1.6.2. Índices de seleção na obtenção de ganhos superiores para múltiplas características

#### 3.1.1.6.2.1. Índice de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943) – Índice Clássico

Este índice de seleção foi concebido como uma função linear dos valores fenotípicos observados nas várias características. O valor observado de cada característica é ponderado por um dos coeficientes do índice (Baker, 1986; Cruz e Carneiro, 2003), obtendo-se o seguinte agregado fenotípico:  $I = b_1 P_1 + \dots + b_i P_i + b_n P_n$ ,

em que:

$I$  = índice de seleção;

$b_i$  = o peso atribuído à característica  $P_i$  no índice de seleção; e

$n$  = número de características avaliadas.

O valor genético total é representado por uma combinação linear dos valores genéticos de cada característica, ponderados por pesos econômicos conhecidos, definidos pelo pesquisador (Baker, 1986; Marques, 2000). Essa combinação linear é designada por agregado genotípico:

$$W = a_1G_1 + a_i G_i + \dots + a_nG_n,$$

em que:

$W$  = valor genético ou agregado genotípico;

$a_i$  = peso econômico atribuído ao valor genético  $G_i$  de cada característica; e

$n$  = número de características avaliadas.

A variação no agregado genotípico devido ao uso do índice de seleção é (Baker, 1986):

$$\Delta W = (W_s - W_o) = b_w (I_s - I_o),$$

em que:

$\Delta W$  = variação esperada no valor genotípico;

$W_s$  = valor genotípico dos indivíduos selecionados;

$W_o$  = valor genotípico da população original;

$b_w$  = coeficiente de regressão linear;

$I_s$  = valor do índice de seleção nos indivíduos selecionados; e

$I_o$  = valor do índice de seleção da população original.

A expressão (1) pode ser apresentada da seguinte forma:

$$(2) \Delta W = (\text{Cov}(W, I) / V(I)) * (I_s - I_o),$$

em que:

$\text{Cov}(W, I)$  = covariância entre o valor genético e o índice; e

$V(I)$  = variância do índice.

Se a variação for expressa em unidades de desvio padrão, tem-se a expressão (Baker, 1986):

$$\Delta W / \sigma_w = ((I_s - I_o) \sigma_{w,i}) / (\sigma_i * \sigma_w, \sigma_i) = ((I_s - I) / \sigma_i) r_{WI},$$



em que:

$\sigma_w$  = desvio-padrão do agregado genotípico;

$\sigma_I$  = desvio-padrão do índice de seleção;

$\sigma_w, \sigma_I$  = covariância entre o valor genotípico e o índice de seleção; e

$r_{WI}$  = coeficiente de correlação entre o valor genotípico e o índice de seleção.

Como o diferencial de seleção expresso em unidades de desvio-padrão fenotípico depende da intensidade de seleção, para maximizar a expressão (3) são necessários coeficientes do índice de seleção que maximizem o coeficiente de correlação. Smith (1936), citado por Baker (1986), demonstrou que a solução do seguinte sistema de equações na forma matricial é a que maximiza o coeficiente de correlação:

$$Pb = Ga,$$

em que:

$P$  = matriz  $n$  por  $n$  das variâncias e covariâncias fenotípicas;

$b$  = vetor  $n \times 1$  de coeficientes do índice clássico, a ser determinado;

$G$  = matriz  $n$  por  $n$  das variâncias e covariâncias genotípicas; e

$a$  = vetor  $n \times 1$  dos pesos econômicos atribuídos aos valores genéticos.

Com a resolução em ordem a  $b$ , obtém-se:  $b = P^{-1} Ga$ , que permite obter os coeficientes do Índice Clássico.

Os pesos econômicos utilizados neste trabalho foram o coeficiente de variação genético, o desvio-padrão genético, a razão entre o coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação experimental, a herdabilidade e os pesos econômicos obtidos aleatoriamente por tentativas.

### 3.1.1.6.2.2. Índice clássico proposto por Mulamba e Mock (1978) - Índice com base em soma de postos (ou "ranks")

Este tipo de índice foi proposto por Mulamba e Mock (1978) e consiste em classificar os materiais genotípicos em relação a cada uma das características, em ordem favorável ao melhoramento. Uma vez classificados, são somadas as ordens de cada material genético referente a cada característica, resultando numa medida adicional tomada como índice de seleção (Cruz e Carneiro, 2003). Os

pesos econômicos utilizados neste trabalho foram o coeficiente de variação genético, o desvio-padrão genético, a razão entre o coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação experimental, a herdabilidade e os pesos econômicos obtidos aleatoriamente por tentativas.

### 3.1.1.6.2.3. Índice de seleção de Pesek e Baker (1969)

Os pesos econômicos constituem uma das dificuldades da aplicação do Índice Clássico de Smith (1936) e Hazel (1943) e, por essa razão, foi proposto por Pesek e Baker, em 1969, um índice de seleção baseado nos ganhos desejados, os quais são mais fáceis de definir. Segundo Cruz e Carneiro (2003), a partir da expressão fornecida pelo Índice Clássico de Smith (1936) e Hazel (1943), obtém-se a expressão dos ganhos esperados:

$$\Delta g = G b_i / \sigma_i,$$

em que:

$\Delta g$  = vetor de ganhos esperados;

$G$  = matriz das variâncias e covariâncias genotípicas;

$b_i$  = vetor  $n \times 1$  de coeficientes do índice ;

$i$  = intensidade de seleção; e

$\sigma_i$  = desvio-padrão do índice.

Por substituição do vetor dos ganhos esperados por um vetor com os ganhos desejados,  $\Delta g_d$ , é possível estimar o vetor  $b$  dos coeficientes do índice:

$$b = G^{-1} \Delta g_d \sigma_i / i,$$

em que:

$\sigma_i / i$  = um escalar que não influi na proporcionalidade dos coeficientes e pode ser eliminado.

Neste método os pesos econômicos podem ser estimados a *posteriori*, conforme a seguinte expressão, cujos símbolos já foram definidos:

$$a = G^{-1} P b$$

No presente trabalho, foram usados como ganhos desejados o coeficiente de variação genético, o desvio-padrão genético, a razão entre o coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação experimental, a herdabilidade e os pesos econômicos obtidos aleatoriamente por tentativas.

#### 3.1.1.6.2.4. Índice de seleção de Williams (1962)

Este índice de seleção, em geral denominado Índice Base, é uma combinação linear das características de interesse no melhoramento, em que os pesos econômicos são os coeficientes de ponderação do índice, o que dispensa o uso de matrizes de variância e covariâncias (Baker, 1986; Cruz e Carneiro, 2003). Representa-se pela seguinte função linear:  $I = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n = a' X$ ,

em que:

$I$  = índice de seleção;

$a_i$  = peso econômico atribuído à característica  $i$ , sendo  $i = 1, \dots, n$ ;

$a'$  = vetor dos pesos econômicos;

$x_i$  = média da característica, sendo  $i = 1, \dots, n$ ; e

$X$  = vetor das médias das  $n$  características que entram no índice.

No presente trabalho, foram usados como ganhos desejados o coeficiente de variação genético, o desvio-padrão genético, a razão entre o coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação experimental, a herdabilidade e os pesos econômicos obtidos aleatoriamente por tentativas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1.2. Análise de variância

Considerando a classificação proposta por Gomes (1990) em relação aos coeficientes de variação ( $CV_e$ ) estimados nos ensaios agrícolas de campo, para número de lóculos por vagem, número de sementes e tamanho da vagem, houve

valores inferiores a 10 % (Tabela 3), o que é considerado baixo, indicando serem características menos afetadas por variações ambientais. Para altura de planta ocorreu um valor considerado médio. Valores compreendidos entre 20 e 30 % são considerados altos, os quais foram expressos pelas características produção e número de vagens. Todavia, valores acima de 30 %, que são considerados como muito altos não foram encontrados, o que leva a crer que houve uma boa condução dos experimentos.

Os resultados obtidos em relação ao coeficiente de variação experimental, que variaram de 5,52 % a 24,39 % (Tabela 3), referentes a números de lóculos e número médio de vagens, demonstram estarem coerentes com os resultados obtidos em trabalhos realizados com a cultura na própria UENF. Rodrigues et al. (1998), em análise de dialelo para seis características agronômicas em *Phaseolus vulgaris* L., obtiveram valores de coeficiente de variação que variaram de 7,70 % a 35,00 %, referentes ao comprimento de vagem e número de sementes por planta, respectivamente. Em outro estudo, realizado por Abreu et al. (2004), em ensaio de campo para avaliar a diversidade genética entre 25 acessos de feijão-de-vagem, valores semelhantes foram encontrados. Isso corrobora a confiabilidade do presente estudo.

Tabela 3 - Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) e coeficientes percentuais da variação experimental, com base na média dos tratamentos para sete características avaliadas em quatro populações estratificadas como 120 linhas F<sub>6:7</sub> recombinadas de feijão-de-vagem. Campos dos Goytacazes, RJ.

FV	GL	Quadrados Médios <sup>1/</sup>						
		NLOC	NSEM	COMP	FI	PROD	NV	ALTP
Sets (S)	2	4,01**	1,49**	42,34**	8,90**	70624943,90**	58370,21**	0,11 <sup>ns</sup>
Repetições (R) / S	3	0,94**	2,76**	23,77**	13,15**	11940968,20**	16192,43**	0,43**
Populações (P)	3	4,83**	3,92**	42,79**	19,62**	4094045,90**	8244,37**	1,53**
S x P	6	1,28**	1,16**	14,39**	11,01**	6978149,70**	7202,31**	0,16**
Famílias (F) / P x S	108	0,74**	0,75**	4,50**	8,87**	428587,40**	5685,97**	0,16**
Resíduo	117	0,14	0,17	0,66	0,72	647077,60	1537,36	0,04
Média Geral		5,07	7,19	13,17	0,86	3869,90	32,14	1,67
CVe (%)		5,52	5,77	6,19	20,38	20,78	24,39	12,05
Limite Superior Entre Linhas		9,15	9,00	19,30	1,70	8050,00	54,80	2,21
Limite Inferior Entre Linhas		5,60	5,50	9,54	0,36	1112,00	9,50	0,98
Médias das Testemunhas								
Top Seed Blue Line		7,50	7,20	14,90	0,61	5800,00	40,16	2,16
Feltrin		6,60	6,30	13,51	0,49	5633,33	37,00	1,99
UENF 1445		8,30	7,90	17,35	0,63	5196,66	30,10	2,09

<sup>1/</sup> NLOC = número médio de lóculos por vagem; NSEM = número médio de sementes por vagem; COMP = comprimento médio de vagem; FI = teor médio de fibra na vagem, em %; PROD = produtividade de vagens, em kg ha<sup>-1</sup>; NV = número médio de vagens; e ALTP = altura média de planta, em m. <sup>ns</sup> = Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; \*\* = Significativo em nível de 0,01; e \* = Significativo em nível de 0,05.

Segundo Allard (1971), a grande maioria das características quantitativas é de natureza poligênica e são muito influenciadas pelo ambiente, justificando os altos valores encontrados para o coeficiente de variação para essas características. Isso favorece a hipotetização de Silva et al. (2004b) da oligogenia na expressão do teor de fibra na vagem em *Phaseolus vulgaris* L. e que pode explicar o valor mais alto obtido neste trabalho.

A significância para a fonte de variação “sets” em relação à quase totalidade das características avaliadas, indica que a estratificação do conjunto de linhas F<sub>6:7</sub> em grupos menores de tratamentos favoreceu a detecção de variabilidade genética, além de possibilitar inferir que o modelo de blocos com repetições dentro de “sets” foi eficiente.

Analisando ainda a fonte de variação “sets”, a única característica que não revelou diferença significativa em nível de 5 % de probabilidade pelo teste F foi altura de plantas, o que, fundamentando-se na premissa de Silva (2003), advém das populações possuírem reduzida diversidade para altura.

Diferenças altamente significativas, nesse caso, para todas as características, também foram expressas para repetições dentro de “sets”, revelando que dentre as repetições avaliadas houve variações entre os “sets”. Provavelmente, um *quantum* expressivo de diversidade genética entre grupos de linhas recombinadas, derivadas das quatro populações, seja a principal razão para a ocorrência de variação detectável pelo teste F em 1 % de probabilidade para as características avaliadas. Isso denota a presença de variabilidade entre as populações, favorecendo a seleção de possíveis genótipos superiores.

Com fulcro nas significâncias dos quadrados médios das sete características para linhas dentro de populações *versus* “sets” (L/PxS), conclui-se pela heterogeneidade das linhas e se consubstancia a perspectiva de sucesso na seleção de linhas superiores. A constatação de significância para teor de fibra na vagem torna essa expectativa mais promissora, posto que interessa não apenas genótipos mais produtivos, mas também aqueles com menores teores de fibra, de forma que sejam atendidos os interesses do produtor e do consumidor.

As percentagens de fibra para as linha F<sub>6:7</sub> com maior e menor magnitude foram de 1,70 e 0,36 % (Tabela 3), respectivamente. Valores que são considerados apropriados para a referida característica (Oliveira et al., 2001; Abreu et al., 2004).

### 3.1.2.1. Parâmetros genéticos

Em relação aos parâmetros genéticos provenientes de sete características avaliadas nas 120 linhas F<sub>6:7</sub> recombinadas de feijão-de-vagem em Campos dos Goytacazes, RJ (Tabela 4), constatou-se que as características exibiram estimativas de índice de variação superior à unidade. Para a herdabilidade, o menor valor inferido foi de 72,96 %, o que ocorreu para número médio de sementes por vagem.

Tabela 4 - Estimativas de parâmetros genéticos<sup>1/</sup> provenientes de sete características<sup>2/</sup> avaliadas em 120 linhas F<sub>6:7</sub> recombinadas de feijão-de-vagem. Campos dos Goytacazes, RJ

Características <sup>2/</sup>	Parâmetros Genéticos <sup>1/</sup>				
	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}^2$	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{I}_v$	$h_x^2$
NLOC	0,36	0,07	0,29	1,60	80,00
NSEM	0,37	0,08	0,28	1,39	75,67
COMP	2,25	0,33	1,91	1,99	84,88
FI	4,43	0,36	4,07	2,33	91,87
PROD	214293,70	323538,80	1888198,50	1,70	85,37
NV	2842,98	768,68	2074,30	1,18	72,96
ALTP	0,08	0,02	0,06	1,41	75,00

<sup>1/</sup>  $\hat{\sigma}_p^2$  = variância fenotípica;  $\hat{\sigma}^2$  = variância residual;  $\hat{\sigma}_G^2$  = variância genotípica;  $\hat{I}_v$  = índice de variação; e  $h_x^2$  = herdabilidade. <sup>2/</sup> NLOC = número médio de lóculos por vagem; NSEM = número médio de sementes por vagem; COMP = comprimento médio de vagem; FI = teor médio de fibra na vagem; PROD = produtividade de vagens, em kg ha<sup>-1</sup>; NV = número médio de vagens; e ALTP = altura média de planta.

Considerando-se as principais características para o melhoramento – FI e PROD – verifica-se na Tabela 4 que enquanto aquela revelou a maior magnitude de estimativa de herdabilidade (91,87 %), PROD proporcionou o segundo maior valor dentre as características avaliadas, qual seja, 85,37 %. Disso deduz-se que é provável que a seleção de linhas avançadas favoreça a identificação daquelas com fidedigna superioridade para teor de fibra e produtividade de vagens.

### 3.1.2.2. Índice de seleção

Pode-se conceber que o sucesso na seleção de linhas superiores, já admitido para teor de fibra, também se configurou para produtividade de vagens, vez que a média da geração  $F_{6:7}$ , com magnitude de  $3.869,90 \text{ Kg ha}^{-1}$ , excedeu em cerca de 72,00 % a média de  $F_2$ , que expressou valor de  $2.246,33 \text{ Kg ha}^{-1}$ . Há que se esclarecer que a amplitude de variação para produtividade de vagens, em  $F_{6:7}$ , foi de  $8.050,00 \text{ Kg ha}^{-1}$  e  $1.112,00 \text{ Kg ha}^{-1}$ , respectivamente, para as linhas 3 e 83.

Considerando-se o aumento da média para produtividade de vagens na geração avançada em relação a  $F_2$ , tem-se, por conseguinte, uma evidência favorável à postulação de Bernardo (2003) de que em teste de geração precoce, o efeito de dominância pode ser ignorado se o avanço das gerações depender apenas de fatores genéticos, como ocorre com o método SSD.

Os ganhos percentuais para o índice de seleção de Mulamba e Mock (1978) permitiram a obtenção de ganhos preditos simultaneamente para as principais características relacionadas ao melhoramento da cultura, quando os pesos econômicos atribuídos foram o  $DP_g$ , a relação  $CV_g/CV_e$  e  $h^2$  (Tabela 5). De forma específica, houve ganhos positivos para COMP, PROD e NV, e negativo para FI. O valor negativo para FI é adequado, vez que a redução na média do teor de fibra torna-se interessante ao mercado consumidor. Na geração  $F_{6:7}$  em estudo, esta redução não necessita ser drástica, posto que os limites superior e inferior não foram indesejáveis e, mesmo, suficientemente discrepantes, para tornar inexecutável a seleção de genótipos desejáveis. Inobstante, o diminuto ganho esperado para COMP é uma perspectiva favorável, posto que, em média, o comprimento da vagem das populações foi de 13,17 cm, e o desejável para o mercado são vagens com tamanhos de 12 a 15 cm.

O peso econômico que revelou resultados mais interessantes para o índice de Mulamba e Mock (1978) foi  $DP_g$ , ao proporcionar ganhos melhor distribuídos entre as características. Nesse contexto,  $DP_g$  proporcionou ganhos mais elevados para PROD e NV, além de ganho negativo moderado para FI e ganhos positivos moderados para NLOC, NSEM, COMP e ALTP.



Tabela 5 - Estimativas dos ganhos percentuais por seleção simultânea com base em cinco critérios de pesos econômicos<sup>1/</sup> para sete características<sup>2/</sup> avaliadas em linhas F<sub>6:7</sub> recombinadas de feijão-de-vagem. Campos dos Goytacazes, RJ.

Características	Mulamba e Mock (1978)					Smith (1936) e Hazel (1943)				
	CV <sub>g</sub>	DP <sub>g</sub>	CV <sub>g</sub> /CV <sub>e</sub>	h <sup>2</sup>	F	CV <sub>g</sub>	DP <sub>g</sub>	CV <sub>g</sub> /CV <sub>e</sub>	h <sup>2</sup>	PT
NLOC	3,91	1,39	7,05	7,03	4,38	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
NSEM	3,24	1,53	6,21	6,07	3,81	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
COMP	8,15	3,73	11,79	12,00	7,46	3,97	3,97	3,97	3,97	3,97
FI	-7,02	-4,98	-5,76	-5,89	-4,59	-5,74	-5,74	-5,74	-5,74	-5,74
PROD	46,69	50,88	33,07	32,13	46,16	49,29	49,29	49,29	49,29	49,29
NV	26,27	32,49	15,60	14,52	27,76	30,06	30,06	30,06	30,06	30,06
ALTP	6,51	4,04	10,21	11,17	3,72	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96

<sup>1/</sup> CV<sub>g</sub> = coeficiente de variação genético; DP<sub>g</sub> = desvio-padrão genético; CV<sub>g</sub>/CV<sub>e</sub> = índice de variação; h<sup>2</sup> = herdabilidade; e PT = pesos atribuídos por tentativas (50; 50; 10; 1; 100; 100; 10).

<sup>2/</sup> NLOC = número médio de lóculos por vagem; NSEM = número médio de sementes por vagem; COMP = comprimento médio de vagem; FI = teor médio de fibra na vagem; PROD = produtividade de vagens; NV = número médio de vagens; e ALTP = altura média de planta.

De forma semelhante ao que ocorreu com o uso do  $DP_g$  para o índice de Mulamba e Mock (1978), em relação ao índice de Williams (1962), os pesos econômicos ótimos obtidos após tentativas revelaram resultados mais favoráveis para a seleção de genótipos desejáveis (Tabelas 5 e 6). O fato de os ganhos pelo índice de Williams (1962) terem sido iguais para quatro pesos econômicos (Tabela 6) pode ser explicado pelos critérios desses pesos deterem estreita relação de colinearidade

A colinearidade entre os critérios de pesos econômicos também se fez presente para o índice de Smith (1936) e Hazel (1943), conforme Tabela 6. Porém, neste, os ganhos preditos para parte das características não foram tão pujantes para PROD e NV quanto os expressos pelo uso de  $DP_g$  para Mulamba e Mock (1978) e para PT em relação ao índice de Williams (1962).

Ao revelar ganhos com estimativas positivas moderadas para NV e, por dois critérios, negativas moderadas para PROD, o índice de Pesek e Baker (1969) também não superou as perspectivas de ganhos por Mulamba e Mock (1978) com o uso do  $DP_g$  e por Williams (1962) com base em pesos econômicos ótimos obtidos após tentativas. Conclui-se, pois, que esses dois últimos índices foram os que proporcionaram os melhores resultados para a seleção de linhas recombinadas  $F_{6.7}$  superiores.

Tabela 6 - Estimativas dos ganhos percentuais por seleção simultânea com base em cinco critérios de pesos econômicos<sup>1/</sup> para sete características<sup>2/</sup> avaliadas em linhas F<sub>6:7</sub> recombinadas de feijão-de-vagem. Campos dos Goytacazes, RJ.

Caracterís- Ticas	Pesek e Baker (1969)					Williams (1962)				
	CV <sub>g</sub>	DP <sub>g</sub>	CV <sub>g</sub> /CV <sub>e</sub>	h <sup>2</sup>	PT	CV <sub>g</sub>	DP <sub>g</sub>	CV <sub>g</sub> /CV <sub>e</sub>	h <sup>2</sup>	PT
NLOC	4,26	4,56	3,98	4,35	5,54	0,89	0,89	0,89	0,89	1,39
NSEM	3,14	2,95	3,62	3,34	4,06	1,12	1,12	1,12	1,12	1,53
COMP	-2,54	1,79	1,22	-0,46	-1,42	2,16	2,16	2,16	2,16	3,73
FI	4,15	3,28	2,68	3,08	1,59	-4,08	-4,08	-4,08	-4,08	-4,98
PROD	-2,09	9,09	2,88	2,18	-1,77	42,67	42,67	42,67	42,67	50,88
NV	3,87	6,57	5,95	6,44	2,80	30,09	30,09	30,09	30,09	32,49
ALTP	-1,14	-1,01	4,00	2,23	1,79	4,00	4,00	4,00	4,00	4,04

<sup>1/</sup> CV<sub>g</sub> = coeficiente de variação genético; DP<sub>g</sub> = desvio-padrão genético; CV<sub>g</sub>/CV<sub>e</sub> = índice de variação; h<sup>2</sup> = herdabilidade; e PT = pesos atribuídos por tentativas (50; 50; 10; 1; 100; 100; 10).

<sup>2/</sup> NLOC = número médio de lóculos por vagem; NSEM = número médio de sementes por vagem; COMP = comprimento médio de vagem; FI = teor médio de fibra na vagem; PROD = produtividade de vagens; NV = número médio de vagens; e ALTP = altura média de planta.

## RESUMO E CONCLUSÕES

Neste trabalho, teve-se por objetivo selecionar linhas recombinadas superiores de feijão-de-vagem em  $F_{6:7}$ , provenientes do avanço de gerações por SSD de populações superiores selecionadas precocemente em  $F_2$ .

A análise de variância permitiu verificar a existência de variabilidade genética entre as linhas recombinadas, detectada a partir da significância do quadrado médio para a fonte de variação linhas dentro de populações *versus* “sets” (L/PxS), o que favoreceu a perspectiva de seleção de genótipos com alelos favoráveis para as características de interesse, sobretudo produtividade de vagem e teor médio de fibra nas vagens.

Foram observadas diferenças significativas para quase todas as características avaliadas, com exceção de altura de plantas, para a fonte de variação “sets”, indicando que a estratificação do conjunto das linhas  $F_{6:7}$  no modelo de blocos com repetições dentro de “sets” foi eficiente. Além disso, foram detectadas diferenças significativas para repetições dentro de “sets” e para populações, revelando a existência de variabilidade entre as populações, favorecendo a seleção de possíveis genótipos superiores.

O peso econômico que revelou resultado mais interessante para o índice de Mulamba e Mock (1978) foi  $DP_g$  e, em relação ao índice de Williams (1962), foi o peso econômico atribuído por tentativas; estes proporcionaram ganhos mais elevados para PROD e NV, além de ganho negativo moderado para FI e positivos moderados para NLOC, NSEM, COMP e ALTP.

De forma sumarizada, com base nos resultados obtidos, têm-se as conclusões:

- a) o modelo de blocos com repetições dentro de “sets” proporcionou resultados satisfatórios na avaliação de grande *quantum* de linhas recombinadas em gerações avançadas;
- b) a seleção precoce prosseguida por SSD foi eficiente na obtenção de linhas endogâmicas superiores em feijão-de-vagem; e
- c) a seleção simultânea proporcionou ganhos satisfatórios em gerações homozigóticas avançadas de feijão-de-vagem nas duas principais características: produção de vagens e teor de fibra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, F. B.; Leal, N. R.; Rodrigues, R.; Amaral Júnior, A. T.; Silva, D. J. H. (2004) Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, 22(3):547-552.
- Allard, R. W. (1971) *Princípios do melhoramento genético das plantas*. São Paulo: Edgard Blücher, 381p.
- Baker, R. J. (1986) *Selection indices in plant breeding*. CRC Press, Boca Raton–Flórida, 218p.
- Bernado, R. (2003) On the effectiveness of early generation selection in self-pollinated crops. *Crop Science*, 43:1558-1560.
- Borém, A.; Miranda, G. V. (2005) *Melhoramento de plantas*. 4.ed. Viçosa: Editora UFV, 525p.
- Brim, C. A. (1966) A modified pedigree method of selection in soybeans. *Crop Science*, 6:220.
- CEASA-RJ – Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro. (2008) Disponível em: <<http://www.ceasa.rj.gov.br/consultas/consultas.html>>. Acesso em: 22 de outubro de 2008.
- Condé, A. B. T., Amaral Júnior, A. T.; Bressan-Smith, R. E.; Rodrigues, R.; Pereira, T. N. S. (2004) Genetic divergence in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluated by different methodologies. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 4:57-62.
- Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. (2003) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. v. 2. Viçosa: UFV, 585 p.

- Fehr, W. (1978) *Principles of cultivar development: theory and technique*. Macmillan Publishing Co., New York, 536p.
- Filgueira, F. A. R. (2003) *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: Editora UFV, 402p.
- Frank, T.; Anhder, G. I.; Carter, W. B. (1961) *Testing snap beans for fiber content*. Keystone Seeds, St. Louis, 8p.
- Griffing, B. (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal Biological Science*, 9:463-493.
- Hallauer, A. R.; Miranda Filho, J. B. (1986) *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames: Iowa State University Press, 468p.
- Hazel, L. N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, Austin, 28:476-490.
- Immer, F. R. (1941) Relationship between ability and homozygosis in barley crosses. *J. Am. Agron*, 33:200-206.
- Mulamba, N. N.; Mock, J. J. (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egypt J. Gen. Cytol. Alexandria*, 7:40–51.
- Oliveira, A. P.; Andrade, A. C.; Tavares Sobrinho, J.; Peixoto, N. (2001) Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-vagem de crescimento indeterminado, no município de Areia – PB. *Horticultura Brasileira*, 19(2):
- Pesek, J.; Baker, R. J. (1969) Desired improvement in relation to selection indices. *Can. J. Plant. Science*, Ottawa, 1:215-274.
- Pimentel-Gomes, F. (1990) *Curso de estatística experimental*. 13.ed. Piracicaba: Nobel. 468p.

- Ramalho, M. A. P.; Santos, J. B.; Zimmermann, M. J. O. (1993) *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: Editora UFG, 271p.
- Raposo, F. V.; Ramalho, M. A. P.; Abreu, A. F. B. (2000) Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, 35(10):1991-1997.
- Rodrigues, R. (1997) *Análise genética da resistência ao crestamento bacteriano comum e outras características agronômicas em Phaseolus vulgaris L.* Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 103p.
- Rodrigues, R.; Leal, N. R.; Pereira, M. G. (1998) Análise dialéctica de seis características agronômicas em *Phaseolus vulgaris L.* *Bragantia*, Campinas, 57(2):241-250.
- SAS INSTITUTE (2001) SAS/STAT user's guide: statistics. 5th ed. Cary, 1686 p.
- Silva, M. P. (2003) *Identificação de genitores superiores e herança de características morfoagronômicas em feijão-de-vagem (Phaseolus vulgaris L.)*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 79p.
- Silva, M. P. da; Amaral Júnior, A. T.; Rodrigues, R.; Daher, R. F.; Leal, N. R.; Schuelter, A. R. (2004a) Análise dialéctica da capacidade combinatória em feijão-de-vagem. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, 22(2):277-280.
- Silva, M. P. da; Amaral Júnior, A. T.; Rodrigues, R.; Pereira, M. G.; Viana, A. P. (2004b) Genetic control on morphoagronomic characteristics in snap bean. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, Paraná, 47(6):855-862.
- Smith, H. F. (1936) A discriminant function for planta selection. *Ann. Eugen.* 7:240-250.

Willians, J. S. (1962) The evaluation of a selection index. *Biometrics*, North Carolina, 18:375–393.



### 3.2 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAS F<sub>7:8</sub> DE FEIJÃO-DE-VAGEM AVALIADAS NO NORTE E NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

#### RESUMO

Objetivou-se, neste trabalho, quantificar a interação genótipos por ambientes para oito características morfoagronômicas em 30 linhas endogâmicas superiores em F<sub>7:8</sub> de feijão-de-vagem e avaliar a adaptabilidade e da estabilidade para produtividade de vagens. Os experimentos de campo foram instalados nos municípios de Bom Jesus do Itabapoana, Campos dos Goytacazes e Itaocara, localizados nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com duas repetições, com a parcela contendo 20 plantas. Foram utilizados os métodos de Yates e Cochran (1938), Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1962), Lin e Binns (1988) e Kang e Phan (1991). A análise de variância conjunta revelou interação genótipo x ambiente significativa em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F em relação a diâmetro médio de vagem, altura média de planta, número médio de lóculos por vagem e número médio de sementes por vagem. Para produtividade de vagens, comprimento médio de vagem e peso de cinco vagens, houve diferença significativa para  $P < 5 \%$ . Não houve interação genótipo x ambiente significativa para teor de fibra na vagem pela ANOVA conjunta. A maioria das características apresentou interação do tipo simples, incluindo produtividade de vagens em kg

ha<sup>-1</sup>. As estabilidades pelos métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) revelaram total concordância entre si e tiveram forte associação com o método de Yates e Cochran (1938). Esses métodos destacaram genótipos com produtividade de vagens próximas à média geral. O método de Lin e Binns (1988) revelou as linhas mais estáveis e responsivas, sendo, também, as mais produtivas. As linhas UENF 7-5-5, UENF 7-6-6 e UENF 9-4-14 foram as que se sobressaíram nos três ambientes estudados.

#### ADAPTABILITY AND STABILITY OF F<sub>7:8</sub> LINES OF SNAP BEAN EVALUATED IN THE NORTH AND NORTHWESTERN REGIONS OF RIO DE JANEIRO STATE

##### ABSTRACT

The objectives of this work were to quantify the genotype by environment (GE) interaction for eight morphoagronomic traits in 30 F<sub>7:8</sub> superior lines of snap bean and to evaluate the adaptability and stability for pod yield. The experiments were undertaken in Bom Jesus do Itabapoana, Campos dos Goytacazes and Itaocara, North and Northwestern regions of Rio de Janeiro State. They were conducted in randomized complete block design with two replications and 20 plants/ plot. The methods of Yates and Cochran (1938), Plaisted and Peterson (1959), Wricke (1962), Lin and Binns (1988) and Kang and Phan (1991) were used to analyze data. The combined analysis of variance revealed a significant GE interaction at 1% of probability by the F test for the following characteristics: mean pod diameter, mean plant height, mean number of locules per pod and mean number of seeds per pod. Regarding to pod yield, mean pod length and 5-pod weight, there were significant differences among lines at P < 5 %. The GE interaction for fiber content was not significant. Almost all traits showed simple GE interaction, including pod yield in kg ha<sup>-1</sup>. The stabilities determined by Plaisted and Peterson (1959) and Wricke (1962) methods were totally concordant between them and were strongly associated with Yates and Cochran (1938) method. These methods identified

genotypes whose pod yield was closed to the general mean. The Lin and Binns method (1998) revealed the most stable and responsive lines, with the highest pod yields. The lines UENF 7-5-5, UENF 7-6-6 and UENF 9-4-14 had the best performance at the three localities analyzed.

## INTRODUÇÃO

O feijão-de-vagem é uma espécie cujo desempenho é altamente influenciado pelas variações do ambiente. Por isso, a interação de cultivares com ambientes pode ser um dos maiores problemas para os programas de melhoramento, porque restringe o progresso da seleção, tendo merecido atenção especial dos melhoristas de plantas. Tai (1977) distinguiu duas estratégias que podem ser utilizadas para contornar a influência da interação genótipos por ambientes: a) a subdivisão de áreas heterogêneas em subáreas homogêneas, cada uma tendo suas cultivares específicas, e b) o uso de cultivares de alta estabilidade de rendimento em ambiente variável. Julgou, porém, a primeira pouco eficaz, principalmente pela impossibilidade de reduzir a interação genótipos por anos pela simples limitação da área de cultivo.

A seleção e a recomendação de genótipos mais produtivos são objetivos básicos dos programas de melhoramento genético de qualquer espécie cultivada. Por isso, a maioria dos pesquisadores sugere como procedimento mais racional para a indicação de genótipos, o controle dos efeitos das interações genótipos por ambientes, com a utilização de cultivares que mostrem um alto grau de estabilidade de desempenho em uma gama convenientemente ampla de ambientes (Oliveira, 1976).

Há vários procedimentos estatísticos que permitem quantificar a adaptabilidade e estabilidade, identificando as cultivares de comportamento mais estável e que respondem previsivelmente às variações ambientais (Rocha, 2002).

A definição dos procedimentos a serem utilizados depende, essencialmente, do número de ambientes. Para avaliações em que menos de cinco ambientes são utilizados, não são recomendadas metodologias que se fundamentam em análise de regressão ou multivariada, e sim métodos baseados

na variância da interação genótipo x ambientes, como: Tradicional (Yates e Cochran, 1938), Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1962); e métodos não-paramétricos com: Lin e Binns (1988) e Kang e Phan (1991).

A carência de genótipos de feijão-de-vagem com adaptação a outras regiões que não a Serrana, no Estado do Rio de Janeiro, torna premente a utilização de técnicas de adaptabilidade e estabilidade para a avaliação de linhas originadas de programas de melhoramento. Nesse aspecto, em relação ao Norte e Noroeste Fluminense, onde predomina o cultivo da cana-de-açúcar e não há impedimento para o cultivo do feijão-de-vagem, a recomendação de cultivar adaptada conseqüenciará em maior oportunidade de policultivo e rentabilidade por unidade de área cultivada.

Assim, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a existência de interação entre genótipos e ambientes, bem como estimar os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade para 30 linhas  $F_{7:8}$  selecionadas de feijão-de-vagem em três localidades das regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, no intento de futuramente recomendar materiais superiores.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1. Local de instalação e implementação dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola de 2007, no período de 28 de maio a 6 de junho, na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Campos dos Goytacazes; na Ilha do Pomba, em Itaocara; e no Colégio Técnico Agrícola Ildefonso Bastos Borges (CTAIBB-UFF), em Bom Jesus do Itabapoana.

A cidade de Campos dos Goytacazes localiza-se na região Norte do Estado do Rio de Janeiro. Está situada a 21° 45' de latitude sul e 41° 20' W de longitude, com altitude de 11 m (Oliveira, 1996). Possui clima tropical chuvoso, tipo bosque (Am) com uma precipitação média anual de 1023 mm, evapotranspiração potencial de 1601 mm anuais e temperatura média anual de 23 °C (Koeppen, citado por Ometto, 1981).

A cidade de Itaocara localiza-se na Região Noroeste Fluminense do Rio de Janeiro. Situa-se a 21° 39' 12" de latitude sul e 42° 04' 36" W de longitude, com altitude de 60 m, contendo clima do tipo Awi, com temperatura média anual de 22,5 °C e precipitação média anual de 1041 mm (Fontes, 2002).

A cidade de Bom Jesus do Itabapoana localiza-se no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Está situada a 21° 08' 02" de latitude sul e 41° 40' 47" de longitude. Sua altitude é de 88 m, com clima do tipo tropical Aw e temperatura média de 23 °C.

Foram avaliadas 30 linhas superiores originadas da geração F<sub>6:7</sub> (Tabela 1), tendo como testemunhas "Top Seed Blue Line", "Feltrin" e "UENF 1445". O espaçamento entre as fileiras foi de 1,00 m, com 20 plantas distanciadas em 0,50 m uma da outra. O plantio das linhas F<sub>7:8</sub> superiores foi realizado no delineamento em blocos casualizados com duas repetições.

As colheitas nos três ambientes foram realizadas no período de um mês, sendo efetuadas três colheitas em todos os ambientes.

Durante a condução do experimento, foram realizados os tratos culturais e fitossanitários recomendados para a cultura, conforme recomendo por Filgueira (2003).

Tabela 1 - Linhas F<sub>7:8</sub> avaliadas em três localidades do Estado do Rio de Janeiro (Bom Jesus do Itabapoana, Campos dos Goytacazes e Itaocara) com respectivos progenitores.

Número dos genótipos	Genótipos Selecionados <sup>1/</sup>	Progenitores
1	7-3-3	UENF 1442 x UENF 1429
2	7-4-4	UENF 1442 x UENF 1429
3	7-5-5	UENF 1442 x UENF 1429
4	7-6-6	UENF 1442 x UENF 1429
5	7-7-7	UENF 1442 x UENF 1429
6	7-9-9	UENF 1442 x UENF 1429
7	7-10-10	UENF 1442 x UENF 1429
8	9-1-11	UENF 1448 x UENF 1429
9	9-3-13	UENF 1448 x UENF 1429
10	9-4-14	UENF 1448 x UENF 1429
11	14-3-23	UENF 1448 x UENF 1442
12	14-4-24	UENF 1448 x UENF 1442
13	14-6-26	UENF 1448 x UENF 1442
14	15-6-36	UENF 1448 x UENF 1445
15	15-7-37	UENF 1448 x UENF 1445
16	15-8-38	UENF 1448 x UENF 1445
17	7-12-42	UENF 1442 x UENF 1429
18	7-14-44	UENF 1442 x UENF 1429
19	7-20-50	UENF 1442 x UENF 1429
20	14-11-61	UENF 1448 x UENF 1442
21	14-16-66	UENF 1448 x UENF 1442
22	7-28-88	UENF 1442 x UENF 1429
23	9-24-94	UENF 1448 x UENF 1429
24	9-27-97	UENF 1448 x UENF 1429
25	14-22-102	UENF 1448 x UENF 1442
26	14-23-103	UENF 1448 x UENF 1442
27	15-22-112	UENF 1448 x UENF 1445
28	15-23-113	UENF 1448 x UENF 1445
29	15-25-115	UENF 1448 x UENF 1445
30	15-26-116	UENF 1448 x UENF 1445

<sup>1/</sup> Primeiro n° = População; segundo n° = família e terceiro n° = linha.

### 3.2.2. Características avaliadas

**Altura média de planta (ALTP)** - Foi obtida pela quantificação da altura correspondente à distância do colo até o final da haste principal, em uma amostra de 5 plantas de cada parcela, sendo expressa em m.

**Comprimento médio da vagem (COMP)** – Foi obtido pela quantificação do comprimento longitudinal das vagens, em uma amostra de 10 vagens por planta, sendo expresso em cm.

**Diâmetro médio da vagem (DIA)** – Foi obtido pela medição da seção transversal da vagem, com o auxílio de paquímetro digital, em uma amostra de 10 vagens por planta, sendo expresso em mm.

**Peso de cinco vagens (P5V)** – Foi obtido pela pesagem de cinco vagens aleatórias, obtendo uma média, expressa em cm.

**Número médio de lóculos por vagem (NLOC)** – Foi obtido pela contagem do número total de lóculos de cada vagem, em uma amostra de 10 vagens por planta.

**Número médio de sementes por vagem (NSEM)** – Foi obtido pela contagem das sementes produzidas por vagem, em uma amostra de 10 vagens por planta.

**Teor médio de fibra na vagem (FIB)** – Foi obtido a partir de 10 g de vagens *in natura*, trituradas por 3 minutos em liquidificador; em seguida, as amostras foram depositadas em peneiras de 30 *mesh* e lavadas em água corrente. Posteriormente, as amostras foram lavadas com acetona a 100 % e secas em estufa a 105 °C por 1 hora, procedendo-se, então, à pesagem do material, sendo o resultado expresso em % (adaptado de Frank et al., 1961; Rodrigues, 1997; Rodrigues et al., 1998; Abreu et al., 2004).

**Produtividade de vagens (PROD)** – Foi obtida pela razão entre a quantificação do peso de todas as vagens de cada parcela e o número de plantas da parcela; sendo expressa em Kg ha<sup>-1</sup>.

### 3.2.3. Análises de variância individual e conjunta

As características avaliadas foram submetidas à análise de variância, conforme o delineamento em blocos casualizados, com duas repetições, de acordo com o seguinte modelo estatístico (Hallauer e Miranda Filho, 1986):  $Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij}$ . Nesse modelo,  $\mu$  é a média;  $G_i$  é o efeito do  $i$ -ésimo genótipo;  $B_j$  é o efeito do  $j$ -ésimo bloco; e  $\varepsilon_{ij}$  é o erro experimental.

O modelo estatístico da ANOVA conjunta foi expresso por:  $Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + B/A_{ij} + \varepsilon_{ijk}$ , em que  $\mu$  é a média,  $G_i$  é o efeito do  $i$ -ésimo genótipo;  $A_j$  é o efeito do  $j$ -ésimo ambiente;  $GA_{ij}$  é o efeito da interação entre genótipos por ambientes;  $B/A_{ij}$  é o efeito do  $k$ -ésimo bloco dentro  $j$ -ésimo ambiente; e  $\varepsilon_{ijk}$  é o erro experimental.

As fontes de variação foram consideradas aleatórias, com exceção do genótipo. O programa Genes (Cruz, 2006) foi utilizado para as análises estatísticas.

Tabela 2 - Análise de análise de variância individual.

FV	GL	QM	E (QM)
Blocos	$b - 1$	QMB	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$
Genótipos (G)	$g - 1$	QMG	$\sigma^2 + b\theta_g$
Erro	$(g - 1)(b - 1)$	QMR	$\sigma^2$
Total	$bg - 1$		

Tabela 3 - Análise de variância conjunta.

FV	GL	QM	E (QM)
Blocos/Ambientes	$a(b - 1)$	QMB	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$
Genótipos (G)	$g - 1$	QMG	$\sigma^2 + rl\sigma_{ga}^2 + ar\theta_g$
Ambientes (A)	$a - 1$	QMA	$\sigma^2 + g\sigma_b^2 + gr\sigma_a^2$
G x A	$(g - 1)(a - 1)$	QMGA	$\sigma^2 + rl\sigma_{ga}^2$
Erro	$a(b - 1)(g - 1)$	QMR	$\sigma^2$
Total	$gba - 1$		

$$\theta_g = \frac{\sum_k G_i^2}{g - 1} \quad l = \frac{g}{g - 1}$$



A partir das esperanças de quadrados médios, apresentadas nas Tabelas 2 e 3, foram obtidas as estimativas dos componentes de variância, a saber:

a) componente de variabilidade genotípica

$$\hat{\theta}_g = \frac{QMG - QMGA}{ar},$$

em que:

QMG = quadrado médio de genótipos;

QMGA = quadrado médio da interação genótipos por ambiente;

a = ambiente; e

r = repetição.

b) componente de variância da interação genótipos por ambiente

$$\hat{\sigma}_{ga}^2 = \frac{QMGA - QMR}{r},$$

em que:

QMGA = quadrado médio da interação genótipo x ambiente;

QMR = quadrado médio do resíduo;

r = repetição;

g = genótipo; e

a = ambiente

### 3.2.4. Decomposição da interação em parte complexa

A decomposição da interação em parte complexa foi estimada pela proposta de Cruz e Castoldi (1991), na qual a parte complexa foi obtida pela expressão:

$C = \sqrt{(1-r)^3} \sqrt{Q_1 Q_2}$ , sendo  $Q_1$  e  $Q_2$  os quadrados médios de

genótipos nos ambientes 1 e 2, respectivamente, e  $r$  a correlação entre as médias de genótipos nos dois ambientes.

### 3.2.5. Estimadores de estabilidade fenotípica

#### 3.2.5.1. Método Yates e Cochran – Tradicional (1938)

O método consiste na análise conjunta dos experimentos, considerando todos os ambientes e o posterior desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação genótipos por ambiente, em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo. Seu estimador é:

$$QM_{(A/Gi)} = \frac{r}{(a-1)} \left[ \sum_j Y_{ij}^2 - \frac{(Y_i)^2}{a} \right],$$

em que:

$Y_{ij}$  é a média do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, g$ ) no ambiente  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, a$ ); e  $r$  é o número de repetições associado ao genótipo.

#### 3.2.5.2. Método de Plaisted e Peterson (1959)

O estimador do parâmetro que descreve a estabilidade ( $\theta$ ) é a média aritmética dos componentes de variância da interação entre pares de genótipos por ambientes [ $\sigma^2_{(ga) ii'}$ ] que envolve um determinado genótipo, ou seja:

$$\hat{\theta}_i = \frac{1}{g-1} \left[ \sum_{i'=1}^g \hat{\sigma}_{(ga) ii'}^2 \right] (i \neq i'),$$

em que:

$\sigma^2_{(ga) ii'}$  é o componente da interação  $G \times A$ , estimado pela ANOVA, a partir da análise conjunta de todos os ambientes, para um par de genótipos.

### 3.2.5.3. Método de Wricke (1962)

A estatística de estabilidade do método de Wricke é denominada “ecoalência” e é estimada decompondo a soma de quadrados da interação genótipos por ambiente nas partes devidas a genótipos isolados. É obtida por:

$$\omega_i = r \sum_j (Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..})^2$$

em que:

$Y_{ij}$  : média do genótipo i no ambiente j;

$\bar{Y}_i$  : média do genótipo i;

$\bar{Y}_j$  : média do ambiente j; e

$\bar{Y}_{..}$  : média geral

### 3.2.5.4. Método de Lin e Binns (1988)

Com os resultados, realizou-se posteriormente a análise de adaptabilidade e estabilidade de Lin e Binns (1988) expressa por:

$$P_i = \sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2 / 2n$$

em que:

$P_i$  = índice de superioridade da i-ésima cultivar;

$X_{ij}$  = produtividade da i-ésima cultivar plantada no j-ésimo local;

$M_j$  = resposta máxima obtida entre todas as cultivares no j-ésimo local; e

$n$  = número de locais.

Essa expressão foi desdobrada em:

$$P_i = \left[ n(\bar{X}_i - \bar{M})^2 + \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i - M_j + \bar{M})^2 \right] / 2n$$

em que:

$$\bar{X}_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} / n \text{ e } \bar{M} = \sum_{j=1}^n M_j / n.$$

sendo:

$X_i$  a média das produtividades das cultivares obtidas nos “n” ambientes; e

$\bar{M}$  a média das respostas máximas de todas as cultivares em todos os ambientes.

### 3.2.5.5. Metodologia de Kang e Phan (1991)

Por essa metodologia procedeu-se ao ranqueamento das linhas com base nos estimadores de Yates e Cochran (1938);  $\theta_i$ , de Plaisted e Peterson (1959); e ecovalência, de Wricke (1962).

Para a realização da hierarquização das linhas ranquearam-se os genótipos em ordem crescente com base nos estimadores de estabilidade citados e, a seguir, ranquearam-se os genótipos em ordem decrescente, com base nas estimativas das médias de produção. Os valores do ranqueamento de cada genótipo foram, então, somados, obtendo-se a soma das classificações, que se constituiu o estimador de Kang e Phan (1991).

Por conseguinte, as linhas com menores valores da soma de “ranks” foram descritas como as mais estáveis e produtivas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.2.6.1. Análise de variância individual dos ensaios de competição

Os valores obtidos pela análise de variância individual realizada para o local Bom Jesus do Itabapoana para as 30 linhas endogâmicas da geração F<sub>7:8</sub> se encontram na Tabela 4.

O coeficiente de variação experimental variou de 6,96 a 31,19 % (Tabela 4), correspondente a diâmetro médio de vagens e produtividade de vagens, respectivamente. O valor para produtividade foi superior a todos os demais, mas tal magnitude não representa um descuido na implementação do experimento e na aferição dos dados, e sim que a característica em questão apresenta uma maior interferência ambiental por ser controlada por muitos genes.

As características diâmetro médio de vagens, altura média de planta, número médio de lóculos por vagem e número médio de sementes por vagem expressaram valores de coeficiente de variação inferiores a 10,00 %, os quais são considerados baixos por Gomes (1990).

Diferenças significativas foram verificadas, em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F, para todas as oito características avaliadas nas 30 linhas F<sub>7:8</sub> recombinadas de feijão-de-vagem.

Assim, em decorrência da geração avançada que se encontram as linhagens, no processo de fixação e perda de genes, houve a composição de grupos divergentes, o que favorece o processo de seleção na obtenção de material superior.

Tabela 4 - Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) e dos coeficientes percentuais da variação experimental, com base na média dos tratamentos para oito características avaliadas em 30 linhas F<sub>7:8</sub> recombinadas de feijão-de-vagem. Bom Jesus do Itabapoana, RJ.

FV	GL	Quadrado Médio <sup>1/</sup>							
		PROD	DIAM	COMP	P5V	ALTP	NLOC	NSEM	FI
Bloco	1	8545845,60	0,20	10,92	33,75	0,16	0,18	0,43	0,02
Tratamento	29	4197148,32**	2,43**	12,82**	227,31**	0,08**	1,65**	1,60**	7,26**
Resíduo	29	2170837,60	0,73	2,79	78,57	0,01	0,37	0,27	0,96
Média Geral		4722,66	12,26	13,00	40,58	1,62	6,50	6,17	0,82
CVe (%)		31,19	6,96	12,85	21,84	7,22	9,35	8,54	12,00
Limite Superior		9592,00	13,90	19,60	80,00	2,21	8,50	8,00	1,19
Limite Inferior		1032,00	9,10	7,40	20,00	1,09	4,20	3,90	0,38

<sup>1/</sup> PROD = produtividade de vagens, em kg ha<sup>-1</sup>; DIAM = diâmetro médio de vagem; COMP = comprimento médio de vagem; P5V = peso de cinco vagens; ALTP = altura média de planta, em m; NLOC = número médio de lóculos por vagem; NSEM = número médio de sementes por vagem; e FI = teor médio de fibra na vagem, em %. <sup>ns</sup> = Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; \*\* = Significativo em nível de 0,01; e \* = Significativo em nível de 0,05.

Para Campos dos Goytacazes, os valores estimados pela análise de variância encontram-se na Tabela 5. Em relação ao coeficiente de variação experimental para essa localidade, pôde-se observar que esse variou de 3,65 a 23,66 %, que se refere à altura média de plantas e produtividade de vagens, respectivamente. Vale ressaltar que cinco características expressaram valores inferiores a 10,00 %, a saber: diâmetro médio de vagens, comprimento médio de vagens, altura média de plantas, número médio de lóculos por vagem e número médio de sementes por vagem.

Assim como nos resultados obtidos na análise de variância para Bom Jesus do Itabapoana, em Campos dos Goytacazes foram expressas diferenças significativas para todas as oito características, em 1 % de probabilidade pelo teste F, confirmando a existência de variabilidade nas linhas avaliadas.

Os limites superiores e inferiores para produtividade de vagens e teor de fibra, com valores respectivos de 10.824,00 e 2.420,00, e 1,06 e 0,31 (Tabela 5), não foram sobremaneira discrepantes aos expressos em Bom Jesus do Itabapoana, em cuja localidade esses valores respectivos foram de 9.552,00 e 1.032,00 Kg ha<sup>-1</sup>, e 1,19 e 0,38 (Tabela 4).

Assim, para as principais características de importância agrônômica da cultura, espera-se que, a despeito da diversidade presente entre as linhagens, não haja empecilhos que dificultem a seleção simultânea de progênies superiores para as duas localidades do Norte Fluminense.

Tabela 5 - Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) e dos coeficientes percentuais da variação experimental, com base na média dos tratamentos para oito características avaliadas em 30 linhas F<sub>7:8</sub> recombinadas de feijão-de-vagem. Campos dos Goytacazes, RJ.

FV	GL	Quadrado Médio <sup>1/</sup>							
		PROD	DIAM	COMP	P5V	ALTP	NLOC	NSEM	FI
Bloco	1	37250,41	0,46	6,08	40,01	0,01	0,28	0,15	6,93
Tratamento	29	6211326,49**	2,21**	11,22**	171,62**	0,01**	1,36**	1,23**	7,13**
Resíduo	29	1687041,24	0,32	1,28	36,08	0,01	0,16	0,14	0,65
Média Geral		5488,31	12,31	14,78	36,34	1,85	7,73	7,33	0,68
CVe (%)		23,66	4,62	7,66	16,52	3,65	5,30	5,26	11,88
Limite Superior		10824,00	14,69	21,60	70,00	2,24	10,30	9,80	1,06
Limite Inferior		2420,00	9,76	10,20	20,00	1,47	5,70	5,30	0,31

<sup>1/</sup> PROD = produtividade de vagens, em kg ha<sup>-1</sup>; DIAM = diâmetro médio de vagem; COMP = comprimento médio de vagem; P5V = peso de cinco vagens; AP = altura média de planta, em m; NLOC = número médio de lóculos por vagem; NSEM = número médio de sementes por vagem; e FI = teor médio de fibra na vagem, em %. <sup>ns</sup> = Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; \* = Significativo em nível de 0,01; e \* = Significativo em nível de 0,05.



Os resultados da análise de variância individual realizada para Itaocara (Tabela 6) revelaram que também diâmetro médio de vagens e produtividade de vagens expressaram o menor e maior coeficiente de variação experimental, com estimativas de 3,23 e 26,23 %, respectivamente. De forma análoga a Campos dos Goytacazes, as mesmas cinco características apresentaram o coeficiente de variação inferior a 10,00 %.

Em Itaocara, foram constatadas diferenças significativas em nível de 1 % de probabilidade, pelo teste F, para diâmetro médio de vagem, comprimento médio de vagem, peso de cinco vagens, altura média de planta, número médio de lóculos por vagem, número médio de sementes por vagem e teor de fibra na vagem. Para produtividade de vagens, diferença significativa só foi detectada em nível de 10 % de probabilidade pelo teste F.

As características comprimento médio de vagens e diâmetro médio de vagens expressaram diferenças significativas em nível de 1 % nos três ambientes, o que decorreu de diferenças entre as linhas quanto ao padrão do tipo de vagem.

Sendo uma das principais características na cultura do feijão-de-vagem, a produtividade de vagens teve a maior média geral expressa no ambiente de Itaocara, tendo produzido valor igual a 12.428,40 Kg ha<sup>-1</sup>, ao passo que a produtividade média de vagens em Campos dos Goytacazes foi de 5.488,31 Kg ha<sup>-1</sup> e, em Bom Jesus do Itabapoana, de 4.722,66 Kg ha<sup>-1</sup>, revelando, para essa última localidade, o pior desempenho.

Nesse aspecto, há que se considerar que o maior limite superior para produtividade de vagens ocorreu em Itaocara, com valor de 23.000,00 Kg ha<sup>-1</sup>. A linhagem que exibiu este rendimento foi a de ordem 10 (UENF 9-4-14), que deteve 0,43 % para o teor de fibra. Tem-se, pois, que esse é um material que merece atenção em futuras avaliações visando a recomendação de cultivar superior para o Noroeste Fluminense. Há que se atentar para o fato de que a vagem da linha 10 é do tipo macarrão, o que desfavorece a sua comercialização no Estado do Rio de Janeiro.

Tabela 6 - Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) e coeficientes percentuais da variação experimental, com base na média dos tratamentos para oito características avaliadas em 30 linhas F<sub>7:8</sub> recombinadas de feijão-de-vagem. Itaocara, RJ.

FV	GL	Quadrado Médio <sup>1/</sup>							
		PROD	DIAM	COMP	P5V	ALTP	NLOC	NSEM	FI
Bloco	1	4921497,60	0,01	0,40	35,26	0,25	0,25	0,09	1,73
Tratamento	29	19604793,60 ***	3,52**	11,90**	144,28**	0,15**	1,34**	1,19**	7,96**
Resíduo	29	10634195,53	0,15	0,52	45,40	0,05	0,12	0,11	0,79
Média Geral		12428,40	12,14	15,86	38,40	2,50	8,11	7,43	0,65
CVe (%)		26,23	3,23	4,55	17,54	9,14	4,35	4,55	13,68
Limite Superior		23000,00	15,56	20,60	75,00	3,29	9,70	9,20	1,08
Limite Inferior		3720,00	9,38	10,80	14,00	1,58	6,00	5,80	0,27

<sup>1/</sup> PROD = produtividade de vagens, em kg ha<sup>-1</sup>; DIAM = diâmetro médio de vagem; COMP = comprimento médio de vagem; P5V = peso de cinco vagens; ALTP = altura média de planta, em m; NLOC = número médio de lóculos por vagem; NSEM = número médio de sementes por vagem; e FI = teor médio de fibra na vagem, em %. ns = Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; \*\*\* = Significativo em nível de 0,10; \*\* = Significativo em nível de 0,01; e \* = Significativo em nível de 0,05.

Para Bom Jesus do Itabapoana e Campos dos Goytacazes, as três linhagens que exibiram os resultados mais promissores foram: 4 (UENF 7-6-6), 11 (UENF 14-3-23) e 10 (UENF 9-4-14) para a primeira localidade; e 3 (UENF 7-5-5), 4 (UENF 7-6-6) e 2 (UENF 7-4-4) para Campos dos Goytacazes.

Nas análises seguintes em que se têm as interações entre as localidades, poder-se-ão obter inferências mais conclusivas sobre a perspectiva de futuro lançamento de material melhorado de feijão-de-vagem para grupos de localidades.

### 3.2.6.2. Análise de variância conjunta dos ensaios de competição

Após discussão das análises de variância individuais, procedeu-se a análise de variância conjunta para as três localidades, Bom Jesus do Itabapoana, Campos dos Goytacazes e Itaocara, constatando-se que a relação entre os maiores e menores quadrados médios residuais não ultrapassaram o valor de 7, considerado o limite para aceitação da homogeneidade das variâncias residuais.

Na Tabela 7 vêem-se as diferenças significativas em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F, para todas as oito características avaliadas, para a fonte de variação genótipos, o que corrobora a existência de variabilidade detectada nas análises individuais.

Para a fonte de variação ambiente houve diferenças significativas em nível de 1 % de probabilidade para as características produtividade de vagens, altura média de plantas, número médio de lóculos por vagem e número médio de sementes por vagem.

Para as características tamanho médio de vagens e teor médio de fibra, houve diferenças de 5 % de probabilidade pelo teste F para a fonte de variação ambiente, enquanto para diâmetro médio de vagens e peso de cinco vagens não foram expressas diferenças significativas.

Essas diferenças significativas detectadas entre os ambientes podem ser possível que sejam decorrentes de diferenças climáticas entre as localidades e por outras intempéries que possam ter ocorrido durante o ciclo da cultura em cada município onde foram instalados os experimentos.

Tabela 7 – Quadrados médios, médias e coeficientes de variação experimental de oito características avaliadas em três ambientes, em 30 linhas F<sub>8</sub> em feijão de vagem. Bom Jesus do Itabapoana, Campos dos Goytacazes e Itaocara, 2007.

FV	GL	QM <sup>1/</sup>			
		PROD	DIAM	COMP	P5V
Bloco/Ambiente	3	4501531,20	0,22	5,80	36,34
Tratamento	29	15704118,82 <sup>**</sup>	4,39 <sup>**</sup>	31,20 <sup>**</sup>	375,57 <sup>**</sup>
Ambiente	2	1081293028,00 <sup>**</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	124,77 <sup>*</sup>	268,90 <sup>ns</sup>
Trat x Amb	58	7154574,79 <sup>*</sup>	1,89 <sup>**</sup>	2,37 <sup>*</sup>	83,82 <sup>*</sup>
Resíduo	87	4830691,45	0,40	1,53	53,35
Média		7546,46	12,24	14,55	38,44
CVe (%)		29,12	5,18	8,51	19,00
Médias das Testemunhas					
Top Seed Blue Line		6130,00	11,83	14,70	35,71
Feltrin		6333,00	12,83	15,73	32,64
UENF 1445		8274,00	14,58	17,26	54,92

<sup>1/</sup> PROD = produtividade de vagens, em kg ha<sup>-1</sup>; DIAM = diâmetro médio de vagem; COMP = comprimento médio de vagem; e P5V = peso de cinco vagens. <sup>ns</sup> = Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; <sup>\*\*\*</sup> = Significativo em nível de 0,10; <sup>\*\*</sup> = Significativo em nível de 0,01; e <sup>\*</sup> = Significativo em nível de 0,05.

Continua...

Tabela 7 – Continuação.

FV	GL	QM <sup>1/</sup>			
		ALTP	NLOC	NSEM	FI
Bloco/Ambiente	3	0,14	0,23	0,22	2,89
Tratamento	29	0,15**	3,49**	3,12**	21,21**
Ambiente	2	12,36**	42,22**	29,44**	48,72*
Trat x Amb	58	0,07**	0,43**	0,45**	0,58 <sup>ns</sup>
Resíduo	87	0,02	0,22	0,18	0,80
Média		1,99	7,45	6,98	0,71
CVe (%)		7,70	6,31	6,08	12,51
Médias das Testemunhas					
Top Seed Blue Line		1,96	7,30	7,10	0,59
Feltrin		1,91	6,80	6,30	0,51
UENF 1445		1,95	8,10	7,70	0,64

<sup>1/</sup> ALTP = altura média de planta, em m; NLOC = número médio de lóculos por vagem; NSEM = número médio de sementes por vagem; e FI = teor médio de fibra na vagem, em %. <sup>ns</sup> = Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; <sup>\*\*\*</sup> = Significativo em nível de 0,10; <sup>\*\*</sup> = Significativo em nível de 0,01; e <sup>\*</sup> = Significativo em nível de 0,05.

A característica produtividade de vagens apresenta média de 7.546,00 Kg ha<sup>-1</sup>, valor mais alto do que as médias das testemunhas Top Seed Blue Line e Feltrin que apresentaram produtividade de vagens de 6.130,00 e 6.333,00 Kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A testemunha UENF 1445 obteve a média de 8.274,00 kg ha<sup>-1</sup>, tendo obtido, desta maneira, o décimo valor em produtividade média.

As características diâmetro médio de vagem, altura média de planta, número médio de lóculos por vagem e número médio de sementes por vagem revelaram diferenças significativas em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F para a fonte de variação da interação genótipos por ambientes.

Para as características produtividade de vagens, comprimento médio de vagem e peso de cinco vagens, a diferença significativa utilizando o teste F ocorreu a 5 % de probabilidade.

Não foi encontrado efeito de interação entre genótipos e ambientes para a característica teor médio de fibra na vagem, o que reforça a perspectiva de oligogenia averiguada por Silva et al. (2004b).

Segundo Ramalho et al. (1993), a significância da interação genótipos por ambientes indica a necessidade de se identificarem as cultivares com adaptação mais específica, ou que sejam menos afetadas pela variação dos ambientes. A ocorrência de interação indica resposta diferencial dos genótipos às mudanças de ambiente.

Na concepção de Cruz et al. (2004), a interação genótipos por ambientes não interfere apenas na recomendação de cultivares, mas também dificulta o trabalho do melhorista, que precisa adotar critérios diferenciados para selecionar genótipos superiores e usar métodos alternativos de identificação de material com alto potencial genético.

### 3.2.6.3. Estimativas das interações complexas

A seleção e a recomendação de genótipos mais produtivos são objetivos básicos dos programas de melhoramento genético de qualquer espécie cultivada. O processo de seleção é, freqüentemente, realizado pelo desempenho dos genótipos em diferentes ambientes (ano, local, época de semeadura). Contudo, a decisão de recomendação de novas cultivares normalmente é dificultada pela ocorrência da interação genótipos por ambientes (Carvalho et al., 2002).

A existência da interação genótipos por ambientes, para Cruz et al. (2004), está associada a dois fatores. O primeiro, denominado simples, é proporcionado pela diferença de comportamento dos genótipos entre os ambientes; o segundo, designado complexo, é decorrente da ausência de correlação entre os genótipos nos ambientes.

Na Tabela 8, avaliando o tipo de interação genótipos por ambientes entre Bom Jesus do Itabapoana e Campos dos Goyatacazes, percebe-se que a maioria das características apresentou valores inferiores a 50 %, como produtividade de vagens, comprimento médio de vagem, peso de cinco vagens, número médio de lóculos por vagem, número médio de sementes por vagem e teor de fibra na vagem. As características diâmetro médio de vagem e altura média de planta expressaram interação do tipo complexa para os dois ambientes em questão.

Tabela 8 – Estimativas das Interações Complexas (%C), em 30 linhas F<sub>7:8</sub> de feijão-de-vagem. Bom Jesus do Itabapoana x Campos dos Goytacazes, 2007.

Características <sup>1/</sup>	Estimativas Absolutas das Interações Complexas	Estimativas Percentuais das Interações Complexas
PROD	362588,29	13,45
DIA	1,41	77,81
COMP	0,00	0,00
P5V	19,17	21,91
ALTP	0,03	74,85
NLOC	0,12	24,16
NSEM	0,17	34,34

<sup>1/</sup> PROD = produtividade de vagens, em kg ha<sup>-1</sup>; DIA = diâmetro médio de vagem; COMP = comprimento médio de vagem; P5V = peso médio de cinco vagens; ALTP = altura média de planta; NLOC= número médio de lóculos por vagem; e NSEM = número médio de sementes por vagem.

Na comparação entre Bom Jesus do Itabapoana e Itaocara (Tabela 9), constatou-se que, assim como o contraste entre Bom Jesus do Itabapoana e Campos dos Goytacazes, apenas o diâmetro médio de vagem e a altura média de plantas apresentaram valores superiores a 50 % das estimativas percentuais das interações complexas. Para as outras características, foram expressas

proporções inferiores a 50 %, revelando a ocorrência de interações do tipo simples para 75 % das características quantitativas, o que é um alento para a recomendação simultânea de cultivares superiores.

Tabela 9 – Estimativas das Interações Complexas (%C), em 30 linhas F<sub>7:8</sub> de feijão-de-vagem. Bom Jesus do Itabapoana x Itaocara, 2007.

Características <sup>1/</sup>	Estimativas Absolutas das Interações Complexas	Estimativas Percentuais das Interações Complexas
PROD	2615670,03	27,53
DIA	2,55	92,44
COMP	0,99	27,00
P5V	52,78	44,79
ALTP	0,07	73,75
NLOC	0,21	36,74
NSEM	0,29	47,29

<sup>1/</sup> PROD = produtividade de vagens, em kg ha<sup>-1</sup>; DIA = diâmetro médio de vagem; COMP = comprimento médio de vagem; P5V = peso médio de cinco vagens; ALTP = altura média de planta; NLOC= número médio de lóculos por vagem; e NSEM = número médio de sementes por vagem.

Avaliando-se o tipo de interação genótipos por ambientes entre Campos dos Goytacazes e Itaocara (Tabela 10), verifica-se que todas as características detiveram valores inferiores a 50,00 %, caracterizando, conforme Cruz e Castoldi (1991), predominância da interação do tipo simples.



Tabela 10 – Estimativas das Interações Complexas (%C), em 30 linhas F<sub>7:8</sub> de feijão-de-vagem. Campos dos Goytacazes x Itaocara, 2007.

Características <sup>1/</sup>	Estimativas Absolutas das Interações Complexas	Estimativas Percentuais das Interações Complexas
PROD	3099612,61	33,43
DIA	0,44	41,22
COMP	0,23	13,73
P5V	0,99	2,16
ALTP	0,02	43,89
NLOC	0,01	8,04
NSEM	0,01	9,55

<sup>1/</sup> PROD = produtividade de vagens, em kg ha<sup>-1</sup>; DIA = diâmetro médio de vagem; COMP = comprimento médio de vagem; P5V = peso médio de cinco vagens; ALTP = altura média de planta; NLOC= número médio de lóculos por vagem; e NSEM = número médio de sementes por vagem.

Os resultados aqui obtidos revelam que a maioria das características conteve a maior parte da interação do tipo simples. Por sua vez, Melo et al. (2007), trabalhando com feijão comum, encontraram predominância da interação genótipos por ambientes do tipo complexa, na avaliação de genótipos, na região Centro-Sul do Brasil.

No caso particular do melhoramento genético de feijão-de-vagem, é oportuno focar as duas principais características, produtividade de vagens e teor médio de fibra na vagem. Em relação ao teor médio de fibra na vagem, cabe elucidar que a característica não expressou diferenças significativas em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F, razão pela qual apenas para Bom Jesus do Itabapoana e Itaocara pôde-se estimar uma mínima interação simples.

Já para a produtividade de vagens, observou-se que as diferenças entre os ambientes encontrados não foram consideradas suficientemente robustas para que se estabeleça programa de melhoramento genético individual para cada ambiente. É possível, pois, que a condução de um único programa de melhoramento genético para a cultura nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro poderá atender as necessidades dos agricultores e consumidores, minimizando os custos e necessidade intensiva de mão de obra.

### 3.2.6.4. Análise das estimativas de estabilidade e adaptabilidade

#### 3.2.6.4.1. Método de Yates e Cochran (1938) – Método Tradicional

O método Tradicional (1938) é embasado na análise de variância e a indicação das melhores linhagens são aquelas que apresentarem os menores escores, ou seja, serão os mais estáveis, com base nas menores estimativas dos quadratórios médios de ambiente dentro da cultivar.

Segundo esta premissa, a Tabela 11 contém os escores para a característica produtividade de vagens.

De acordo com essa metodologia, as linhas mais estáveis são 25, 23, 13, 26, 21 e 27, respectivamente, UENF 14-22-102, UENF 9-24-94, UENF 14-6-26, UENF 14-23-103, UENF 14-16-66 e UENF 15-22-112.

Analisando a média de produção dessas linhas no ambiente favorável, Itaocara, foi possível verificar que as mesmas expressam resultados pífios se comparados a outras linhas neste ambiente. No entanto, quando analisados os resultados médios obtidos no ambiente desfavorável, Bom Jesus do Itabapoana, percebe-se que essas mesmas linhas se apresentaram como medianas.

Vicente et al. (2003), analisando a adaptabilidade e estabilidade de linhagens elite de soja pelo método Tradicional, observaram que a linhagem mais estável por este método apresentou rendimento de grãos abaixo da média geral.

Os resultados obtidos pelo método Tradicional devem ser analisados com acuidade, pois a indicação das linhagens por meio deste procedimento recai sobre materiais estáveis, que comumente são pouco produtivos e pouco adaptados a ambientes favoráveis. Isso justifica as estimativas ínfimas de produtividade de vagens obtidas para as linhas consideradas mais estáveis pela metodologia para a localidade de Itaocara.

Tabela 11 - Estimativas do parâmetro de estabilidade pelo método Tradicional (1938).

FV	GL	QM PROD <sup>1/</sup>	Níveis de Estabilidade
Ambiente	2	1.081.293.028,00 <sup>ns</sup>	
Genótipo	29	15.704.118,82 <sup>**</sup>	
Interação G x A	58	7.154.574,79 <sup>*</sup>	
Amb/Gen	60	42.959.189,90 <sup>**</sup>	
Amb/Gen-25	2	3.058.418,16	a
Amb/Gen-23	2	8.546.379,16	a
Amb/Gen-13	2	11.119.791,50	a
Amb/Gen-26	2	12.428.779,16	a
Amb/Gen-21	2	13.215.754,50	a
Amb/Gen-27	2	13.958.600,16	a
Amb/Gen-24	2	16.890.087,16	a
Amb/Gen-29	2	19.827.082,66	a
Amb/Gen-18	2	19.965.866,00	a
Amb/Gen-28	2	24.565.426,16	a
Amb/Gen-20	2	24.609.065,16	a
Amb/Gen-4	2	25.850.060,66	a
Amb/Gen-1	2	26.508.592,66	a
Amb/Gen-15	2	27.483.827,16	a
Amb/Gen-7	2	31.023.004,66	a
Amb/Gen-6	2	32.062.282,66	a
Amb/Gen-17	2	34.706.242,66	a
Amb/Gen-2	2	36.393.600,16	a
Amb/Gen-12	2	41.048.229,50	b
Amb/Gen-3	2	49.058.478,50	b
Amb/Gen-30	2	52.510.408,66	b
Amb/Gen-11	2	53.644.362,66	b
Amb/Gen-14	2	56.028.832,66	b
Amb/Gen-10	2	71.638.458,00	c
Amb/Gen-16	2	72.170.812,16	c
Amb/Gen-8	2	81.460.642,66	c
Amb/Gen-5	2	99.227.666,00	c
Amb/Gen-19	2	105.826.705,16	c
Amb/Gen-9	2	106.097.232,16	c
Amb/Gen-22	2	117.851.008,50	c

<sup>ns</sup> = Não significativo no nível de 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F; \* = Significativo no nível de 5 % de probabilidade; e \*\* = Significativo no nível de 1 % de probabilidade.

PROD<sup>1/</sup> = produtividade de vagens, em Kg ha<sup>-1</sup>.

#### 3.2.6.4.2. Método de Plaisted e Peterson (1959)

Na Tabela 12 há os valores obtidos das estimativas de estabilidade utilizando a metodologia de Plaisted e Peterson (1959) para produtividade de vagens.

As linhas mais estáveis foram 17, 06, 15, 28, 04 e 12, com percentuais de -1,65; -1,42; -1,21, -0,97; -0,90; e -0,87, respectivamente, para  $\theta_i$ . Estas linhas detiveram médias de produtividade de vagens; 7.752,66; 8.537,33; 8.342,83; 7.980,16; 11.170,33; e 7.382,50 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Com essas médias as linhas ocupam a 15<sup>o</sup>, 7<sup>o</sup>, 9<sup>o</sup>, 12<sup>o</sup>, 1<sup>o</sup> e 18<sup>o</sup> posição entre as trinta linhas selecionadas e avaliadas.

As linhas “superiores” por Plaisted e Peterson (1959) exibiram desempenho próximo da média geral, que foi de 7.546,46 Kg ha<sup>-1</sup>, com exceção da linha 4. Daher et al. (2003) utilizaram este método para o estudo da estabilidade da produção forrageira em clones de capim-elefante e verificaram a não concordância entre a estabilidade e produtividade, ou seja, os clones mais produtivos não se apresentaram necessariamente como os mais estáveis.

Ratifica-se, pois, um dos inconvenientes dessa metodologia, que além da imprecisão do parâmetro de estabilidade, é o direcionamento da resposta dos genótipos à variação ambiental. Assim, os genótipos mais estáveis não implicam em genótipos mais produtivos.

Tabela 12 - Estimativas do parâmetro de estabilidade pelo método de Plaisted e Peterson (1959)

Genótipo	Média	$\theta_i$	$\theta_i$ (%)
1	7853,66	-140961,20	-0,40
2	7943,16	567747,30	1,62
3	10701,50	1244585,87	3,57
4	11170,33	-315552,28	-0,90
5	9276,00	3761248,66	10,79
6	8537,33	-496429,38	-1,42
7	7626,33	478600,26	1,37
8	8967,33	2082314,33	5,97
9	9290,83	4236988,16	12,15
10	9528,00	1291718,77	3,70
11	8402,66	1611823,05	4,62
12	7382,50	-304137,35	-0,87
13	5024,50	2053289,55	5,89
14	7186,33	-32644,95	-0,09
15	8342,83	-422308,94	-1,21
16	7567,83	1185873,87	3,40
17	7752,66	-576719,01	-1,65
18	8081,00	304109,72	0,87
19	7378,83	4120813,96	11,82
20	5660,16	127892,74	0,36
21	6158,50	963961,87	2,76
22	8023,50	5464882,03	15,67
23	6405,83	1827751,84	5,24
24	4498,83	318845,64	0,91
25	5346,16	4061955,96	11,65
26	6094,16	1146751,04	3,28
27	5253,83	822711,42	2,36
28	7980,16	-338144,17	-0,97
29	6917,33	-4474,62	-0,01
30	6041,66	-184244,09	-0,52

#### 3.2.6.4.3. Método de Wricke (1962)

O resultado de estabilidade e adaptabilidade para as 30 linhas F<sub>8</sub> de feijão-de-vagem pela estimativa de ecovalência proposta por Wricke (1962) encontra-se na Tabela 13.

O material mais estável, segundo o procedimento de Wricke (1962), é o que apresenta menor estimativa para a ecovalência, ou seja, o genótipo com menor contribuição para a interação genótipos por ambientes.

Utilizando este método, as seis linhas mais estáveis foram 17, 06, 15, 28, 04 e 12, que são, respectivamente, UENF 7-12-42, UENF 7-9-9, UENF 15-7-37, UENF 15-23-113, UENF 7-6-6 e UENF 14-4-24. Essas seis linhas tiveram produtividade média de 7.752,66; 8.537,33; 8.342,83; 7.980,16; 11.170,33; e 7.382,50 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com exceção da linha 12, todas as outras linhas apresentaram valores superiores à média geral, que foi de 7546,46 Kg ha<sup>-1</sup>. Em estudos de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de amendoim, Oliveira et al. (2003) concluíram que o método de ecovalência não forneceu informações suficientes para a identificação de linhagens de amendoim mais produtivas e estáveis. A metodologia de Wricke (1962) está associada à maior estabilidade, porém independem da produtividade média a ambientes gerais (Cargnelutti Filho et al., 2007). Prado et al. (2001), avaliando genótipos de soja pelo método da ecovalência, encontraram linhagens que reuniam estabilidade média e alta produtividade de grãos.

Tabela 13 - Estimativas do parâmetro de estabilidade pelo método de Wricke (1962).

Genótipos	Ecovalência (Wi)	Wi (%)
1	3756395,68	0,90
2	9237074,36	2,22
3	14471292,81	3,48
4	2406224,71	0,57
5	33933485,40	8,17
6	1007441,77	0,24
7	8547671,11	2,05
8	20949726,57	5,04
9	37612537,60	9,06
10	14835787,53	3,57
11	17311260,62	4,17
12	2494500,01	0,60
13	20725267,91	4,99
14	4594041,37	1,10
15	1580639,81	0,38
16	14017253,71	3,37
17	386535,28	0,09
18	7198277,60	1,73
19	36714123,78	8,84
20	5835533,10	1,40
21	12301134,12	2,96
22	47108250,37	11,35
23	18981109,92	4,57
24	7312235,27	1,76
25	36258954,68	8,73
26	13714703,63	3,30
27	11208797,36	2,70
28	2231513,94	0,53
29	4811891,91	1,15
30	3421674,68	0,82

#### 3.2.6.4.4. Metodologia de Kang e Phan (1991)

A metodologia proposta por Kang e Phan (1991) é mais um tipo de estatística não-paramétrica utilizada para se avaliar a estabilidade de genótipos. Esta estatística utiliza o somatório da produção com a estabilidade para a identificação de genótipos com alta produção aliada à estabilidade.

Os genótipos com a maior produção recebem o valor um, sendo que a magnitude vai aumentando conforme diminui a sua produção. Em relação aos valores de estabilidade, os genótipos recebem a nota um quando apresentam os menores valores de estabilidade. Todos os genótipos foram ranqueados seguindo esta descrição. Com a soma destes dois ranqueamentos, detectam-se os genótipos mais indicados como sendo aqueles que apresentam menores valores, correspondendo aos mais estáveis e mais produtivos.

A metodologia de Kang e Phan (1991) foi aplicada aos procedimentos Tradicional (1938), de Plaisted e Peterson (1959) e de Wricke (1962). Na classificação dos genótipos quanto à produtividade de vagens, destacaram-se as linhas 4 (UENF 7-6-6), 3 (UENF 7-5-5) e 10 (UENF 9-4-14), recebendo menores notas no seu ranqueamento para todos os procedimentos (Tabela 14).

Quando aplicado o ranqueamento de Kang e Phan (1991) ao método Tradicional (1938), destacaram-se as linhas 4, 18 e 3 (UENF 7-6-6, UENF 7-14-44 e UENF 7-5-5, respectivamente), que obtiveram menores escores na soma dos “ranks”. Dentre as três linhas superiores, 4 e 3 são as mais produtivas, e a linha 18 foi alocada na décima média geral (Tabela 14). Pelo método Tradicional (Tabela 11), essas linhas apresentaram-se como sendo altamente instáveis.

Rememorando os resultados do método Tradicional (Tabela 11), as três linhagens mais estáveis, designadas 25 (UENF 14-22-102), 23 (UENF 9-24-94) e 13 (UENF 14-6-26), obtiveram as seguintes colocações na soma dos “ranks”: décimo primeiro, sétimo e décimo nono, respectivamente. Ou seja, para as linhas avaliadas neste trabalho, estabilidade implica em baixa performance, o que não é incomum na capitalização do método Tradicional (1938).



Tabela 14 – Ranqueamento dos genótipos pela metodologia de Kang e Phan (1991) aplicado aos procedimentos Tradicional (1938), de Plaisted e Peterson (1959) e de Wricke (1965).

Genótipos	Produtividade média Geral	“Rank” da Produtividade média geral	“Rank” para Método Tradicional	Soma de “Ranks” para o método Tradicional	“Rank” para o método de Plaisted e Peterson	Soma de “Ranks” para o método de Plaisted e Peterson	“Rank” para o método de Wricke	Soma de “Ranks” para o método de Wricke
1	7853,66	14	13	27	8	22	8	22
2	7943,16	13	18	31	15	28	15	28
3	10701,50	2	20	22	20	22	20	22
4	11170,33	1	12	13	5	6	5	6
5	9276,00	5	27	32	26	31	26	31
6	8537,33	7	16	23	2	9	2	9
7	7626,33	16	15	31	14	30	14	30
8	8967,33	6	26	32	25	31	25	31
9	9290,83	4	29	33	29	33	29	33
10	9528,00	3	24	27	21	24	21	24
11	8402,66	8	22	30	22	30	22	30
12	7382,50	18	19	37	6	24	6	24
13	5024,50	29	3	32	24	53	24	53
14	7186,33	20	23	43	9	29	9	29
15	8342,83	9	14	23	3	12	3	12
16	7567,83	17	25	42	19	36	19	36
17	7752,66	15	17	32	1	16	1	16
18	8081,00	10	9	19	12	22	12	22
19	7378,83	19	28	47	28	47	28	47
20	5660,16	26	11	37	11	37	11	37
21	6158,50	23	5	28	17	40	17	40
22	8023,50	11	30	41	30	41	30	41
23	6405,83	22	2	24	23	45	23	45
24	4498,83	30	7	37	13	43	13	43
25	5346,16	27	1	28	27	54	27	54
26	6094,16	24	4	28	18	42	18	42
27	5253,83	28	6	34	16	44	16	44
28	7980,16	12	10	22	4	16	4	16
29	6917,33	21	8	29	10	31	10	31
30	6041,66	25	21	46	7	32	7	32

Procedendo de forma análoga para o método de Plaisted e Peterson (1959), as linhas 4, 6 e 15 (UENF 7-6-6, UENF 7-9-9 e UENF 15-7-37, respectivamente) obtiveram as menores somas de “ranks” (Tabela 14). As produtividades de vagens dessas linhas foram de 11.170,33; 8.537,33 e 8.342,83 Kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo que todas contiveram médias superiores a média geral, que foi de 7.546,46 Kg ha<sup>-1</sup>. Tal resultado é pouco divergente do obtido pelo método de Plaisted e Peterson (1959) expresso na Tabela 12.

Por último, a aplicação da metodologia de Kang e Phan (1991) ao método de Wricke (1962) revelou como superiores as linhas 4, 6 e 15 (UENF 7-6-6, UENF 7-9-9 e UENF 15-7-37, respectivamente), de acordo com a Tabela 14. Essas linhas, nesta ordem, exibiram produtividade de vagens de 11.170,33; 8.537,33; e 8.342,83 Kg ha<sup>-1</sup>; cujas magnitudes foram superiores a média geral, confirmando a virtude do método de Kang e Phan (1991).

Dentre os métodos em que foi aplicada a metodologia de Kang e Phan (1991), Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) revelaram-se com menor distorção nos resultados (Tabelas 12, 13 e 14). Isso é percebido pelo fato de duas linhas selecionadas como estáveis pelo procedimento de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) haverem sido detectadas como estáveis e produtivamente superiores por Kang e Phan (1991). Essas linhagens foram 6 e 15 (UENF 7-9-9 e UENF 15-7-37, respectivamente). Por sua vez, o algoritmo de Kang e Phan (1991), quando utilizado para a estimativa de Yates e Cochran (1938), não revelou sequer uma concordância; ao contrário, identificou linhas consideradas estáveis por essa última metodologia, porém com valores indesejáveis de médias para produtividade de vagens.

Com o uso da metodologia de Kang e Phan (1991) aplicada a todos os procedimentos para os estudos da estabilidade fenotípica, observou-se a supremacia da linha 4 (UENF 7-6-6) como sendo a mais estável associada a superioridade para produtividade média geral de vagens, o que possibilita inferir a necessidade de requerer melhor conhecimento desse material em cultivos repetidos em anos distintos para averiguar seu fidedigno valor para os três locais avaliados nesse estudo.

#### 3.2.6.4.5. Método de Lin e Binns (1988)

Pelas estimativas da estatística de  $P_i$ , de Lin e Binns (1988), expostas na Tabela 15, verifica-se que as linhagens 4, 3 e 10, respectivamente, UENF 7-6-6, UENF 7-5-5 e UENF 9-4-14, foram as que expressaram os menores valores de  $P_i$  geral; desta forma, são as mais adaptadas e estáveis.

Uma consideração que deve ser apreciada com acuidade é que as três linhagens com menores magnitudes de  $P_i$  foram as que expressaram as três melhores produtividades médias (Tabela 15).

Essa alta correspondência entre média e estabilidade é uma característica do método de Lins e Binns (1988), pois associa estabilidade com a capacidade dos genótipos de apresentar o menor desvio em relação ao máximo, em todos os ambientes em estudo. Essa é considerada a maior vantagem desse método, pois consegue identificar os genótipos mais estáveis sempre entre os mais produtivos, como observado também por Farias et al. (1996), para rendimento de algodão em caroço; Daros et al. (2000), para peso médio de raízes comerciáveis em genótipos de batata doce; Scapim et al. (2000), para rendimento de grãos na cultura de milho pipoca; Carbonell et al. (2001), em estudo de avaliação de estabilidade em feijoeiro; Ferreira et al. (2004), e Lédo et al. (2005), em estudos realizados com alfafa; bem como por Cargnelutti Filho et al. (2007), na cultura do milho.

Esses resultados podem ser explicados pela forma como é estimado o índice de estabilidade  $P_i$  que se refere ao desvio da cultivar  $i$  em relação ao material de desempenho máximo em cada ambiente; assim, quanto menor o valor de  $P_i$ , mais adaptado será o material (Cruz e Carneiro, 2003).

Tabela 15 - Estimativas dos parâmetros de estabilidade proposto Lin e Binns (1988) para a característica produtividade de vagem, em Kg ha<sup>-1</sup>, para 30 linhas recombinadas F<sub>7:8</sub> avaliadas em três localidades.

Genótipos	Médias	P <sub>i</sub> /100000	Desvio		%para desvio genético	Contribuição para a interação (%)
			Genético	Interação		
1	7853,66	99,39	93,95	5,44	94,52	1,31
2	7943,16	95,38	90,11	5,27	94,47	1,27
3	10701,50	16,90	11,06	5,84	65,39	1,41
4	11170,33	10,67	5,18	5,49	48,55	1,33
5	9276,00	58,15	42,42	15,73	72,94	3,80
6	8537,33	72,46	66,65	5,81	91,98	1,40
7	7626,33	120,80	104,06	16,74	86,12	4,04
8	8967,33	67,22	51,88	15,34	77,17	3,70
9	9290,83	65,62	41,98	23,64	63,93	5,71
10	9528,00	47,14	35,39	11,75	75,07	2,84
11	8402,66	93,94	71,66	22,28	76,27	5,38
12	7382,50	116,07	115,48	0,59	99,49	0,14
13	5024,50	280,93	256,62	24,31	91,34	5,87
14	7186,33	126,10	125,11	0,99	99,21	0,24
15	8342,83	78,59	73,95	4,64	94,08	1,12
16	7567,83	116,73	106,75	9,98	91,44	2,41
17	7752,66	100,21	98,38	1,83	98,16	0,44
18	8081,00	94,69	84,36	10,33	89,08	2,50
19	7378,83	136,75	115,66	21,09	84,57	5,09
20	5660,16	226,91	213,10	13,81	93,91	3,33
21	6158,50	202,70	181,80	20,90	89,69	5,04
22	8023,50	114,92	86,74	28,18	75,47	6,80
23	6405,83	193,89	167,19	26,70	86,22	6,44
24	4498,83	308,81	295,65	13,16	95,73	3,18
25	5346,16	278,38	234,09	44,29	84,08	10,70
26	6094,16	208,33	185,71	22,62	89,13	5,46
27	5253,83	260,03	240,45	19,58	92,46	4,72
28	7980,16	95,32	88,55	6,77	92,89	1,63
29	6917,33	149,67	138,93	10,74	92,81	2,59
30	6041,66	189,37	188,91	0,46	99,75	0,11

Segundo Lin e Binns (1988), a estimativa do  $P_i$  pode ser ainda desdobrada em duas partes: a primeira, atribuída ao desvio genético em relação ao máximo, isto é, uma soma dos quadrados de genótipos; e a segunda, corresponde à parte da interação genótipos por ambientes. A primeira parte não é prejudicial ao trabalho do melhorista, pois não implica, necessariamente, em alteração na classificação dos materiais; a segunda, entretanto, pode afetar a classificação dos materiais. Logo, o ideal é um material que expresse o menor  $P_i$  possível e que a maior parte desse valor seja atribuída ao desvio genético.

Com base nessa premissa, constatou-se que as três linhagens que apresentaram os menores  $P_i$  (4, 3 e 10, respectivamente, UENF 7-6-6, UENF 7-5-5 e UENF 9-4-14), contiveram as proporções respectivas de 1,33 %, 1,41 % e 2,84 % para a interação genótipos por ambientes, cujos percentuais são considerados baixos.

A linhagem que reteve o maior valor de  $P_i$  geral para a característica produtividade de vagens foi a 24 (UENF 9-27-97), por conseguinte, pode-se inferir que esta terá o pior comportamento para os ambientes utilizados no presente estudo.

O índice ambiental, com base na metodologia de Lin e Binns (1988) classifica os ambientes em favorável ou desfavorável para a variável produtividade de vagens, no caso em questão. Esse índice fundamenta-se na produtividade obtida em cada ambiente, não sendo considerados fatores como: índice pluviométrico, tipo de solo, tipo de relevo, tecnologia aplicada, dentre outras; as quais em conjunto com o conhecimento agrônômico podem auxiliar, com maior precisão, a fidedignidade do ambiente como favorável ou desfavorável.

A combinação de fatores climáticos e a incidência de pragas e doenças fazem com que cada região seja um ambiente único, podendo ser favorável ou desfavorável para determinada linhagem.

Quando classificado um ambiente como desfavorável não quer dizer que o mesmo seja impróprio para o cultivo do feijão-de-vagem. Na verdade, apenas obteve índice negativo com base na sua produtividade, inferindo-se então que há ambientes com índices ambientais positivos, permitindo produtividades superiores.

Tabela 16 - Estimativas de parâmetros de estabilidade e adaptabilidade considerando o ambiente favorável e desfavorável pelo método de Lin e Binns (1988).

Genótipo	P <sub>i</sub> favorável	Genótipo	P <sub>i</sub> desfavorável
9	0,00	4	0,85
5	1,30	3	16,25
22	3,50	18	47,56
10	8,10	15	51,25
8	9,50	6	57,06
3	18,40	28	61,25
19	18,90	1	64,56
4	30,20	10	66,81
16	51,20	2	72,00
11	64,80	17	82,56
14	99,40	5	86,81
6	103,00	23	91,50
15	132,00	8	96,56
17	135,20	29	96,06
12	138,30	9	98,25
2	141,50	7	100,56
7	161,30	12	104,00
28	162,40	11	108,06
1	168,70	25	118,25
30	168,70	21	120,50
18	188,40	26	121,25
29	256,30	14	139,06
20	323,20	16	149,00
21	368,00	13	157,00
26	381,90	27	169,00
23	397,80	22	170,25
27	441,80	20	178,25
24	488,00	19	195,25
13	528,30	30	199,81
25	598,40	24	219,25

No presente trabalho, o ambiente favorável para produção de vagens foi Itaocara, que exibiu maiores médias em relação aos outros ambientes. Por sua vez, Bom Jesus do Itabapoana foi considerado como o ambiente desfavorável. Na

Tabela 16 há a classificação das linhas avaliadas pela metodologia de Lin e Binns (1988) e pela metodologia alternativa proposta por Carneiro (1998), alocando as linhas em ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Quando considerado apenas o ambiente favorável, destacou-se a linhagem 9, UENF 9-3-13, com o menor  $P_i$  e com média de produção de vagens de 17.700,00 kg ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, se analisado o ambiente desfavorável, esta mesma linhagem alocou-se em uma posição mediana e só produziu 4.972,00 kg ha<sup>-1</sup>. Este fato demonstra que algumas linhagens podem ser recomendadas para tipos específicos de ambientes.

No ambiente desfavorável, sobressaíram-se as linhagens 4 e 3 (UENF 7-6-6 e UENF 7-5-5), por deterem menores valores de  $P_i$ . Essas linhagens, além de terem sido mais estáveis no âmbito geral, também demonstram bom desenvolvimento em condições desfavoráveis, o que leva a crer que podem atender aos pequenos produtores que não utilizam tecnologia no desenvolvimento de suas lavouras.

#### 3.2.6.5. Associação entre os métodos de estabilidade

A Tabela 17 expõe as associações entre os métodos para a característica produtividade de vagens, em que 61,11 % dos algoritmos revelaram significâncias estatísticas em  $P < 0,01$ , denotando que estes métodos contêm parcela de concordância.

A correlação de Pearson estimada para os métodos embasados em análise de variância revelou total concordância –  $r_o = 1,00$  –, o que ocorreu entre os parâmetros de estabilidade obtidos pelos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962). Segundo Cruz e Carneiro (2003) essa semelhança decorre do fato de que ambos usam a decomposição da soma de quadrados, da interação genótipos por ambientes, na derivação de seus parâmetros de estabilidade.

Total concordância entre os dois métodos também foi constatada por Silva e Duarte (2006) e por Cargnelutti Filho et al. (2007), em avaliação de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja e em milho, respectivamente.

Dentre os métodos Tradicional (1938), Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962), apenas o primeiro revelou correlação significativa, porém negativa para com  $P_i$ . Embora os demais tenham proporcionado associações positivas, essas

foram não significativas e com magnitudes próximas de zero em relação a  $P_i$ . Embora tanto o método Tradicional (1938) quanto Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) hajam revelado estimativas negativas de correlação para com  $P_i$  favorável, a única significância ocorreu em relação ao método Tradicional (1938) e com elevada magnitude para um nível de probabilidade altamente significativo pelo teste t (Tabela 17). Tal situação é um forte indício de que para as linhagens avaliadas nessa pesquisa, o método Tradicional (1938) foi o que proporcionou os resultados menos interessantes.

O método tradicional tem como principal característica, de maneira geral, indicar os genótipos mais adaptados a ambientes desfavoráveis e pouco produtivos, característica contrária à preconizada por Lin e Binns (1988), em que a maior adaptabilidade está associada a maior produtividade de vagens. Isso justifica os valores de correlações negativos e significativos entre o método Tradicional (1938) e o de Lin e Binns (1988) geral e para ambientes favoráveis e se consubstancia no fato de que não foi detectada estimativa significativa de correlação entre o método Tradicional (1938) e  $P_i$  desfavorável (Tabela 17).

Quando se adotou a metodologia proposta por Kang e Phan (1991), observa-se que os métodos Tradicional (1938), Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) passam a ter correlações mais pujantes com  $P_i$  geral. Dentre os referidos métodos ponderados por Kang e Phan (1991), maior estimativa de correlação ocorreu entre Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) e  $P_i$  geral, com valor de 0,7750, ambos com significância em 1 % de probabilidade pelo teste t. Desta forma, Kang e Phan (1991) gera maior robustez aos dados de estabilidade de Plaisted e Peterson (1959) e de Wricke (1962).



Tabela 17 - Estimativas das correlações entre os métodos de adaptabilidade e estabilidade, segundo o coeficiente de Spearman.

Metodologias	Metodologias							
	Plaisted e Peterson (1959)	Wricke (1962)	P <sub>i</sub> (1988)	P <sub>i</sub> Desfavorável	P <sub>i</sub> Favorável	Tradicional ponderado por Kang e Phan	Plaisted e Peterson ponderado por Kang e Phan	Wricke ponderado por Kang e Phan
Tradicional (1938)	0,6131**	0,6131**	-0,4927**	0,1485 <sup>ns</sup>	-0,7621**	0,4850**	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
Plaisted e Peterson		1,0000**	0,0655 <sup>ns</sup>	0,2824 <sup>ns</sup>	-0,0853 <sup>ns</sup>	0,2972 <sup>ns</sup>	0,5974**	0,5974**
Wricke			0,0655 <sup>ns</sup>	0,2824 <sup>ns</sup>	-0,0853 <sup>ns</sup>	0,2972 <sup>ns</sup>	0,5974**	0,5974**
P <sub>i</sub>				0,7330**	0,9074**	0,3463*	0,7750**	0,7750**
P <sub>i</sub> Desfavorável					0,3793*	0,8469**	0,7372**	0,7372**
P <sub>i</sub> Favorável						-0,0520 <sup>ns</sup>	0,5987**	0,5987**
Tradicional por Kang e Phan							0,5108**	0,5108**
Plaisted e Peterson por Kang e Phan								1,0000**

<sup>ns</sup> = Não significativo no nível de 1% e 5 % de probabilidade pelo teste t; \* = Significativo no nível de 5 % de probabilidade; e \*\* =

Significativo no nível de 1 % de probabilidade.

Embora significativa em 5 %, a magnitude de associação entre o método Tradicional (1938) modificado por Kang e Phan (1991) e de  $P_i$  geral foi praticamente a metade das associações entre esse último e Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962), com ranqueamento de Kang e Phan (1991), conforme Tabela 17, ratificando a pouca robustez dos resultados obtidos pelo método Tradicional (1938).

Mekbib (2002), estudando a estabilidade de produção de feijão-comum na África, obteve também altas correlações entre o método de Wricke (1962) e o algoritmo de Kang e Phan (1991). Situação idêntica ocorreu com Aremu et al. (2007) em trabalho com feijão-miúdo (*Vigna unguiculata* (L.)) na África.

A estimativa de correlação de  $P_i$  entre ambiente favorável e desfavorável de 0,3793, com significância em nível de 5 % de probabilidade pelo teste t, enfatiza que as linhas comportaram-se de forma diferenciada para com as mudanças ambientais. Há que se esclarecer que isso advém do fato de que, apesar da separação do ambiente proposta por Carneiro (1998), o desvio sempre ocorrerá em relação ao material de desempenho máximo (maior produtividade) em cada ambiente.

## RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de avaliar a adaptabilidade e estabilidade da produtividade de vagens de 30 linhas selecionadas em  $F_{7:8}$  de feijão de vagem, foram instalados experimentos em Bom Jesus do Itabapoana, Campos dos Goytacazes e Itaocara, regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com duas repetições.

A análise de variância individual revelou diferenças significativas para quase todas as características nas localidades avaliadas em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F. Apenas em Itaocara, para a característica produtividade de vagens, foram detectadas diferenças significativas em nível de 10 % de probabilidade.

Pela análise de variância conjunta houve interação genótipos por ambientes em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F para diâmetro médio de

vagem, altura média de planta, número médio de lóculos por vagem e número médio de sementes por vagem. Para produtividade de vagens, comprimento médio de vagem e peso de cinco vagens houve diferenças em nível de 5 % de probabilidade, enquanto para o teor médio de fibra não foi expressa interação significativa.

O componente de variação da interação genótipos por ambientes foi estimado a partir da decomposição do quadrado médio da interação em parte complexa, utilizando a proposta de Cruz e Castoldi (1991). Os resultados obtidos revelaram que a maioria das características conteve a maior parte da interação do tipo simples. Assim, a condução deste único programa de melhoramento genético para a cultura nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro poderá atender as necessidades dos agricultores e consumidores dessas regiões.

Quanto à adaptabilidade e estabilidade, os métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) demonstraram ter total concordância entre si e tiveram forte associação com método Tradicional (1938). A metodologia de Kang e Phan (1991) refinou as estimativas geradas pelos métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962), passando estes métodos a apresentarem correlações altamente significativas com o método de Lin e Binns (1988). Já o método de Lin e Binns (1988) discriminou as linhas mais estáveis e responsivas, sendo também, as mais produtivas. As linhagens selecionadas pelo algoritmo de Lin e Binns (1988) foram 4, 3 e 10, respectivamente, UENF 7-6-6, UENF 7-5-5 e UENF 9-4-14.

Isto posto, as seguintes conclusões são possíveis:

- a) a significância na fonte de variação G x A para maioria das características avaliadas confirma a presença da interação genótipos por ambientes;
- b) a maioria das características revelou a maior parte da interação do tipo simples;
- c) os métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) demonstraram ter total concordância entre si;
- d) o método de Kang e Phan (1991) aplicado os métodos Tradicional (1938), Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) indicou com a linha mais estável a mais produtiva; e
- e) o método de Lin e Binns (1988) indicou as linhas mais estáveis e responsivas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, F. B.; Leal, N. R.; Rodrigues, R.; Amaral Júnior, A. T.; Silva, D. J. H. (2004) Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, 22(3):547-552.
- Aremu, C. O.; Ariyo, O. J.; Adewale, B. D. (2007) Assessment of selection techniques in genotype X environment interaction in cowpea *Vigna unguiculata* (L.) walp. *African Journal of Agricultural Research*, 2(8):352-355.
- Carbonell, S. A. M.; Azevedo Filho, A.; Dias, A. S.; Gonçalves, C.; Antônio, C. B. (2001) Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 60(2):69-77.
- Cargnelutti Filho, A.; Perecin, D.; Malheiros, E. B.; Guadagnin, J. P. (2007) Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. *Bragantia*, Campinas, 66(4):571-578.
- Carneiro, P. C. S. (1998) *Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 168p.
- Carvalho, C. G. P.; Arias, C. A. A.; De Toledo, J. F. F.; Almeida, L. A.; Kiihl, R. A. S.; Oliveira, M. F. (2002) Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 37(7):989-1000.
- Cruz, C. D. (2006) *Programa Genes: Versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 648p., il.
- Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. (2003) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. v. 2. Viçosa: UFV, 585 p.

- Cruz, C. D., Castoldi, F. L. (1991) Decomposição da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexas. *Revista Ceres*, 38(219):422-430.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2004) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. v.1 Viçosa: Editora UFV, 480p.
- Daher, R. F.; Pereira, M. G.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, A. V.; Ledo, F. J. S.; Daros, M. (2003) Estabilidade da produção forrageira em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Ciênc. Agrotec.*, 27(4): 788-797.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T. (2000) Adaptabilidade e estabilidade de produção de *Ipomoea batatas*. *Acta Scientiarum*, 22(4):911-917.
- Ferreira, R. de P.; Botrel, M. de A.; Pereira, A. C. R. A. V.; Coelho, A. D. F.; Ledo, F. J. S.; Cruz, C. D. (2004) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. *Ciência Rural*, Santa Maria, 34(1):265-269.
- Filgueira, F. A. R. (2003) *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: Editora UFV, 402p.
- Fontes, P. S. F. (2002) *Adubação nitrogenada e avaliação de cultivares de banana (Musa spp.) no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Dary Ribeiro – UENF, 64p.
- Frank, T.; Anhder, G. I.; Carter, W. B. (1961) *Testing snap beans for fiber content*. Keystone Seeds, St. Louis, 8p.
- Hallauer, A. R.; Miranda Filho, J. B. (1986) *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames: Iowa State University Press, 468p.
- Lédo, F. J. da S.; Botrel, M. A.; Evangelista, A. R.; Viana, M. C. M.; Pereira, A. V.; Sobrinho, F. de S.; Silva e Oliveira, J.; Xavier, D. F.; Heinemann, A. B. (2005)

Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa avaliadas em Minas Gerais. *Ciência Agrotec.*, Lavras, 29(2):409-414.

Lin, C. S.; Binns, M. R. (1988) A method for analyzing cultivar x location x years experiments: a new stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, 76(3):425-430.

Lin, C. S.; Binns, M. R.; Lefkovitch, L. P. (1986) Stability analysis. Where do we stand? *Crop Science*, 26:894-899.

Kang, M. S. (1988) A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. *Cereal Res. Comm*, 16:113-115.

Kang, M. S.; Pham, H. N. (1991) Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. *Agron. J.* 83:161-165.

Mekbib, F. (2002) Simultaneous selection for high yield and stability in common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. *Journal of Agricultural Science*, 138:249-253.

Melo, L. C.; Melo, P. G. S.; Faria, L. C.; Diaz, J. L. C.; Peloso, M. J. D.; Rava, C. A.; Costa, J. G. C. (2007) Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 42(5):715-723.

Oliveira, A. C. (1976) *Comparação de alguns métodos de determinação da estabilidade em plantas cultivadas*. Tese (Mestrado) – Brasília – DF, Universidade Federal de Brasília - UnB, 64p.

Oliveira, A. P.; Andrade, A. C.; Tavares Sobrinho, J.; Peixoto, N. (2001) Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-vagem de crescimento indeterminado, no município de Areia – PB. *Horticultura Brasileira*, 19(2):

- Oliveira, E. J.; Godoy, I. J.; Moraes, A. R. A.; Martins, A. L. M.; Pereira, J. C. V. N. A.; Bortoletto, N.; Kasai, F. S. (2006) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de amendoim de porte rasteiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 41(8): 1253-1260.
- Oliveira, V. de P. S. (1996) *Avaliação do sistema de irrigação por sulco da fazenda do alto em Campos dos Goytacazes – RJ*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 94p.
- Ometto, J. C. (1981) *Bioclimatologia tropical*. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 390–398.
- Prado, E. E.; Himoroto, D. M.; Godinho, V. P. C.; Utumi, M. M.; Ramalho, A. R. (2001) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(4): 625-635.
- Ramalho, M. A. P.; Santos, J. B.; Zimmermann, M. J. O. (1993) *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: Editora da UFG, 271p.
- Rocha, M. M. (2002) *Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica*. Tese (Doutorado) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP, 184p.
- Rodrigues, R. (1997) *Análise genética da resistência ao crestamento bacteriano comum e outras características agronômicas em Phaseolus vulgaris L.* Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 103p.
- Rodrigues, R.; Leal, N. R.; Pereira, M. G. (1998) Análise dialéctica de seis características agronômicas em *Phaseolus vulgaris* L. *Bragantia*, Campinas, 57(2):241-250.

- Scapim, C. A.; Oliveira, V. R.; Braccini, A. L.; Cruz, C. D.; Andrade, C. A. B.; Vidigal, M. C. G. (2000) Yield stability in maize (*Zea mays*) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. *Genetics and Molecular Biology*, 23(2):387-393.
- Silva, M. P. da; Amaral Júnior, A. T.; Rodrigues, R.; Pereira, M. G.; Viana, A. P. (2004b) Genetic control on morphoagronomic characteristics in snap bean. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, Paraná, 47(6):855-862.
- Silva, W. C. J.; Duarte, J. B. (2006) Métodos estatísticos para o estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 41(1):23-30.
- Pimentel-Gomes, F. (1990) *Curso de estatística experimental*. 13.ed. Piracicaba: Nobel. 468p.
- Plaisted, R. L.; Peterson, L. C. (1959) A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations and seasons. *American Potato Journal*, 36:381-385.
- Tai, G. C. C. (1977) Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. *Crop Science*, Madison, 17:182-183.
- Vicente, D.; Pinto, R. J. B.; Scapim, C. A. (2004) Análise da adaptabilidade e estabilidade de linhagens elite de soja. *Acta Scientiarum*, Maringá, 26(3): 301-307.
- Wricke, G. (1965) Zur Berechnung der Ökivalenz bei Sommerweizen und Hafer. *Pflanzenzüchtung*, 52:127-138.
- Yates, F. e Cochran, W. G. (1938) The analysis of group experiments. *J. Agric. Sci.*, London, 28(4):556 – 580.



### 3.3 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE TRINTA LINHAS ENDOGÂMICAS F<sub>7:8</sub> RECOMBINADAS DE FEIJÃO-DE-VAGEM E ANÁLISE DE CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS

#### RESUMO

Com o objetivo de caracterizar, morfológicamente, 30 linhas F<sub>7:8</sub> de feijão-de-vagem e obter estimativas de correlação entre oito características quantitativas, foram instalados experimentos em Bom Jesus do Itabapoana, Campos dos Goytacazes e Itaocara, nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com duas repetições, com a parcela contendo 20 plantas. Para 83,40 % das linhas o formato das vagens foi do tipo manteiga, preferido pelo mercado consumidor carioca. A linha que apresentou todas as principais características morfológicas de interesse e com a maior produtividade média foi UENF 7-9-9. Dentre os 28 pares de características, 92,85 % expressaram valores com significância e a maior magnitude ocorreu entre produtividade de vagens e peso médio de cinco vagens. As duas principais características para o melhoramento da cultura, produtividade de vagem e teor de fibra, expressaram estimativa de correlação negativa e significativa, o que favorece o procedimento de melhoramento, vez que maiores produtividades tendem a produzir vagens com menores teores de fibra, situação desejável para o mercado consumidor.

## MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF 30 F<sub>7:8</sub> RECOMBINED INBRED LINES OF SNAP BEAN AND THE CORRELATION ANALYSIS AMONG AGRONOMIC TRAITS

### ABSTRACT

With the purpose to determine the morphological characterization of 30 F<sub>7:8</sub> lines of snap bean and to estimate the correlations among eight quantitative traits, some experiments were undertaken in Bom Jesus do Itabapoana, Campos dos Goytacazes and Itaocara, North and Northwestern regions of Rio de Janeiro State. They were conducted in randomized complete block design with two replications and 20 plants/ plot. In 83.40 % of the lines, the pod format was the “manteiga” type, which is preferred by Rio de Janeiro’s consumer market. The UENF 7-9-9 line showed all main traits of interest and the highest pod yield. Among the 28 characteristic pairs, 92.85% expressed significant values and the highest magnitude was between pod yield and mean weight of five pods. Pod yield and fiber content, the main analyzed traits in snap bean genetic breeding, showed negative and significant correlation. This situation simplifies the breeding proceedings because the higher yields usually produce pods with lower fiber content, which is desirable for the consumer market.

### INTRODUÇÃO

A caracterização de cultivares é uma etapa essencial em programas de certificação, melhoramento e conservação de germoplasma, por permitir o monitoramento da qualidade genética (Zubrzycki, 1997), além de possibilitar a classificação comercial das variedades e a identificação de materiais com características desejáveis.

A caracterização morfológica do feijão-de-vagem é uma avaliação que abrange também as características relativas à aparência da vagem como a cor, forma do perfil da vagem, forma e posição do dente apical da vagem e o tipo de vagem, que são indicadores de aceitação dos consumidores para o mercado.

Ela fornece uma série de informações a respeito da variabilidade genética de cada genótipo estudado. Esses dados auxiliam na caracterização de germoplasma, possibilitando avanços na descrição da divergência genética entre os genótipos (Ramos e Queiroz, 1990; Singh, 2001).

Os descritores morfológicos foram os primeiros utilizados cientificamente para a realização de estudos de diversidade genética, constituindo ainda hoje um procedimento útil ao melhoramento genético. É uma atividade de baixo custo e de fácil estudo, no entanto, a variabilidade conhecida é limitada e pode sofrer influência ambiental se a característica for de herança quantitativa.

Por isso, em procedimentos de caracterização, deve-se considerar descritores botânicos de alta herdabilidade, fácil mensuração e pouca interação genótipos por ambientes. Os aspectos morfológicos e fenológicos também devem ser observados de forma sistemática nos acessos, por meio de descritores, que são características utilizadas para descrever um acesso. Na avaliação de germoplasma, para maior confiabilidade dos dados, torna-se necessário o uso de um modelo experimental que obedeça aos princípios básicos da experimentação agrícola (Valls, 1988).

Segundo Martins (1999), a seleção praticada diretamente em uma característica proporciona, na maioria das vezes, maior magnitude de resposta possível na referida característica. No entanto, tal forma de seleção proporciona também respostas nas outras características avaliadas, denominadas respostas indiretas ou correlacionadas. A resposta indireta é dependente da existência de correlação genética entre as características, sendo também importante para características de baixa herdabilidade.

Tal procedimento possui grande importância, vez que, de maneira geral, o melhorista está interessado na melhoria de um conjunto de características (Cruz et al., 2004).

O conhecimento da natureza e magnitude das correlações entre as características de interesse é de fundamental importância. As relações existentes entre as características são, em geral, avaliadas por meio da estimativa e do sinal

dos coeficientes de correlação genotípica, fenotípica e de ambiente. Estudos das associações entre características fornecem informações importantes para o melhoramento genético, como a quantificação da porção de correlação fenotípica, que é devida às causas genéticas e a mensuração de ganhos indiretos devido à seleção efetuada em características correlacionadas (Vencovsky e Barriga, 1992).

O conhecimento da correlação entre características nos programas de melhoramento genético é importante quando se deseja fazer seleção simultânea ou seleção indireta, principalmente quando a característica de interesse apresenta baixa herdabilidade, problemas de medição ou de identificação. Neste caso, ao selecionar outra característica de alta herdabilidade, de fácil medição, de fácil identificação e que apresenta alta correlação com a característica desejada, o melhorista poderá obter progressos mais rápidos em relação ao uso de seleção direta (Goldenberg, 1968; Carvalho et al., 1999; Cruz et al., 2004)

As causas da associação entre duas características têm duas origens: genética e ambiental (Falconer e Mckay, 1996). A correlação genética é responsável pela fração herdável dos genitores para a progênie, sendo resultante de ligação gênica ou da pleiotropia. A correlação genética devida à ligação gênica é passageira, desfazendo-se quando ocorre a recombinação. A pleiotropia, por sua vez, é a principal causa da associação genética entre características, tendo efeito contínuo.

O ambiente torna-se causa de correlação quando duas características são influenciadas pelas mesmas diferenças de condições ambientais. Valores positivos indicam que as características correlacionadas são beneficiadas ou prejudicadas pelas mesmas causas de variações ambientais, e valores negativos indicam que o ambiente favorece uma característica em detrimento de outra (Ramalho et al., 1993).

Por sua vez, a correlação fenotípica quantifica o nível de associação entre duas características provenientes dos efeitos genético e ambiental.

Objetivou-se, neste trabalho, caracterizar trinta linhas endogâmicas  $F_{7:8}$  superiores e quantificar as estimativas das correlações entre pares de características, com o intento, sobretudo, de identificar linha que reúna características superiores e de maiores importâncias econômicas para o produtor e o consumidor.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 3.3.1. Local de instalação e implementação do experimento

Os experimentos foram implementados no ano agrícola de 2007, no período de 28 de maio a 6 de junho, na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Campos dos Goytacazes; na Ilha do Pomba, em Itaocara; e no Colégio Técnico Agrícola Ildfonso Bastos Borges (CTAIBB-UFF), em Bom Jesus do Itabapoana.

A cidade de Campos dos Goytacazes localiza-se na região Norte do Estado do Rio de Janeiro. Está situada a 21° 45' de latitude sul e 41° 20' W de longitude, com altitude de 11 m (Oliveira, 1996). Possui clima tropical chuvoso, tipo bosque (Am) com uma precipitação média anual de 1023 mm, evapotranspiração potencial de 1601 mm anuais e temperatura média anual de 23 °C (Koeppen, citado por Ometto, 1981).

A cidade de Itaocara localiza-se na Região Noroeste Fluminense do Rio de Janeiro. Situa-se a 21° 39' 12" de latitude sul e 42° 04' 36" W de longitude, com altitude de 60 m, contendo clima do tipo Awi, com temperatura média anual de 22,5 °C e precipitação média anual de 1041 mm (Fontes, 2002).

A cidade de Bom Jesus do Itabapoana localiza-se no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Está situada a 21° 08' 02" de latitude sul e 41° 40' 47" de longitude. Sua altitude é de 88 m, com clima do tipo tropical Aw e temperatura média de 23 °C.

Foram avaliadas 30 linhas F<sub>7,8</sub> e incluídas as testemunhas "Top Seed Blue Line", "Feltrin" e "UENF 1445". O espaçamento entre as fileiras foi de 1,00 m, com 20 plantas distanciadas em 0,50 m uma da outra. O plantio das linhas superiores foi realizado no delineamento em blocos casualizados com duas repetições.

Para a caracterização morfológica, apenas foram obtidos dados do ambiente de Campos dos Goytacazes. Para as características quantitativas, as avaliações ocorreram nos três ambientes, realizando-se um total de três colheitas no período de um mês.

Durante a condução do experimento, foram realizados os tratos culturais e fitossanitários recomendados para a cultura (Filgueira, 2003).

### 3.3.2. Características avaliadas

Foram codificadas oito características qualitativas, conforme a classificação da 'International Plant Genetic Resources Institute' – IPGRI (1982):

**Cor de flor (CORF)** – As flores recém abertas receberam a seguinte escala de notas: 1 – Branca; 2 – Verde; 3 – Amarela; 4 – Lilás; 5 – Branca com bordas lilás; 6 – Branca com faixas vermelhas; 7 – Lilás escura com bordas exteriores roxas; 8 – Lilás escura com manchas roxas; 9 – Carmim; e 10 – Roxa.

**Cor da vagem (CORV)** – Foi categorizada durante a colheita das vagens imaturas completamente expandidas, de acordo com a classificação: 1 – Roxa escura; 2 – Carmim; 3 – Roxa com faixas verdes; 4 – Carmim com faixas verdes; 5 – Vermelha clara com faixas verdes; 6 – Rosa escura; 7 – Verde; 8 – Verde Brilhante; 9 – Verde clara para verde prata; 10 – Dourada ou amarela; e 11 – Amarela clara para branca.

**Cor da semente (CORS)** – Foi determinada em sementes provenientes da colheita de vagens secas, recebendo a seguinte classificação: 1 – Preta; 2 – Marrom clara ou escura; 3 – Castanha; 4 – Cinza tendendo a castanho para esverdeado; 5 – Amarela para esverdeado amarelo; 6 – Creme claro para amarelo opaco; 7 – Branca; 8 – Branca, tingida de roxo; 9 – Verde; 10 – Vermelha; 11 – Rosa; e 12 – Roxa.

**Forma do perfil da vagem (FPV)** – Foi caracterizada quando as vagens encontravam-se imaturas e completamente expandidas, recebendo a seguinte classificação: 3 – Reta; 5 – Ligeiramente curva; 7 – Curva; e 9 – Recurvada.

**Forma do dente apical da vagem (FDA)** – A forma da extremidade apical da vagem foi classificada em: 1 – Arqueada; e 2 – Reta.

**Posição do dente da vagem (PDA)** – Foi especificada pela caracterização da posição do dente apical da vagem pela seguinte classificação: 1 – Marginal (quando em alinhamento com a sutura ventral do fruto); e 2 – Não-marginal (quando em desalinhamento com a sutura ventral).

**Seção transversal da vagem (STV)** – Foi discriminada por meio do corte transversal da vagem, podendo ser: 1 – Chata; e 2 – Redonda.

**Tipo da vagem (TVG)** – As vagens foram classificadas como: tipo “Macarrão” (por apresentarem vagens com corte transversal redondo) ou tipo “Manteiga” (por apresentarem vagens com corte transversal chato).

Há que se salientar que a despeito da classificação proposta pela 'International Plant Genetic Resources Institute' – IPGRI (1982), procedeu-se a uma codificação mais simples, em razão da categorização das variáveis na caracterização das linhas, que foram avaliadas da seguinte forma:

**Altura média de planta (ALTP)** - Foi obtida pela quantificação da altura correspondente à distância do colo até o final da haste principal, em uma amostra de 5 plantas de cada parcela, sendo expressa em m.

**Comprimento médio da vagem (COMP)** – Foi obtido pela quantificação do comprimento longitudinal das vagens, em uma amostra de 10 vagens por planta, sendo expresso em cm.

**Diâmetro médio da vagem (DIA)** – Foi obtido pela medição da seção transversal da vagem, com o auxílio de paquímetro digital, em uma amostra de 10 vagens por planta, sendo expresso em mm.

**Peso médio de cinco vagens (P5V)** – Foi obtido pela pesagem de cinco vagens aleatórias, obtendo uma média, expressa em cm.

**Número médio de lóculos por vagem (NLOC)** – Foi obtido pela contagem do número total de lóculos de cada vagem, em uma amostra de 10 vagens por planta.

**Número médio de sementes por vagem (NSEM)** – Foi obtido pela contagem das sementes produzidas por vagem, em uma amostra de 10 vagens por planta.

**Teor médio de fibra na vagem (FIB)** – Foi obtido a partir de 10 g de vagens *in natura*, trituradas por 3 minutos em liquidificador; em seguida, as amostras foram depositadas em peneiras de 30 *mesh* e lavadas em água corrente. Posteriormente, as amostras foram lavadas com acetona a 100 % e secas em estufa a 105 °C por 1 hora, procedendo-se, então, à pesagem do material (adaptado de Frank et al., 1961; Rodrigues, 1997; Rodrigues et al., 1998; Abreu et al., 2004).

**Produtividade de vagens (PROD)** – Foi obtida pela razão entre a quantificação do peso de todas as vagens de cada parcela e o número de plantas da parcela; sendo expressa em Kg ha<sup>-1</sup>.

### 3.3.3. Análise estatística

As seguintes expressões foram utilizadas para o cálculo dos coeficientes de correlação fenotípica ( $r_F$ ) e genotípica ( $r_G$ ) entre os pares de características (Cruz et al., 2004):

$$r_F = \frac{COV_{F(X,Y)}}{\sqrt{(\sigma^2_{FX} \cdot \sigma^2_{FY})}}$$

$$r_G = \frac{COV_{G(X,Y)}}{\sqrt{(\sigma^2_{GX} \cdot \sigma^2_{GY})}},$$

em que:

$CôV_{F(X,Y)}$  e  $CôV_{G(X,Y)}$  correspondem, respectivamente, às covariâncias fenotípicas e genotípicas entre as características x e y;

$\sigma^2_{Fx}$ ,  $\sigma^2_{Gx}$ , correspondem às variâncias fenotípica e genotípica da característica x; e

$\sigma^2_{Fy}$ ,  $\sigma^2_{Gy}$ , correspondem às variâncias fenotípica e genotípica da característica y.

A significância dos coeficientes de correlação fenotípica e genotípica foi avaliada pelo teste t, em 5 % e 1 % de probabilidade (Steel e Torrie, 1980).

Para a obtenção das variâncias e covariâncias, fenotípicas e genotípicas, utilizaram-se os recursos computacionais do programa Genes (Cruz, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.3.4.1. Características qualitativas

A classificação dos descritores cor de flor, cor da vagem, cor da semente, forma do perfil da vagem, forma do dente apical da vagem, posição do



dente da vagem, seção transversal da vagem e tipo de vagem está contida na Tabela 1, avaliada nos genitores. Os resultados (Tabela 1) denotam a existência de variabilidade genética entre os mesmos.

Com relação ao descritor cor de flor, 50% dos genitores apresentaram flor lilás e 50% apresentaram flor branca.

Para a característica cor de vagem todos os genitores apresentaram a coloração verde, indicando não haver variabilidade para esta característica, fato que é importante para a aceitação no mercado.

Tabela 1 – Caracterização morfológica de características qualitativas<sup>1/</sup> de genitores de feijão-de-vagem.

LINHAS	CORF	CORV	CORS	FPV	FDA	PDA	STV
UENF 1429	3	2	3	2	2	1	2
UENF 1442	1	2	2	½	2	1	1
UENF 1445	1	2	2	½	1	2	1
UENF 1448	3	2	1	2	1	2	1

<sup>1/</sup> CORF: cor de flor, 1: branca, 2: lilás suave, 3: lilás típico; CORV: cor da vagem, 1: roxa com faixas verdes, 2: verde; CORS: cor de semente, 1: preta, 2: marrom, 3: castanha; FPV: forma do perfil da vagem, 1: reta, 2: semi-arqueada, 3: arqueada; FDA: forma do dente apical da vagem, 1: arqueada, 2: reta; PDA: posição do dente apical da vagem, 1: marginal, 2: não marginal; STV e TGV: seção transversal da vagem e tipo de vagem, 1: chata, vagem do tipo "manteiga", 2: redonda, vagem do tipo "macarrão".

Os genitores apresentaram maiores divergências para a característica cor de sementes, sendo 50 % delas com coloração marrom, 25 % com coloração preta e 25 % com coloração castanha.

Para a característica forma do perfil da vagem houve pouca diferenciação entre os genitores que apresentaram a vagem semi-arqueada. Para a forma do dente apical os genitores se dividiram de forma igual em arqueada e reta. O mesmo ocorreu para a característica posição do dente apical, onde 50 % era do tipo marginal e 50 % do tipo não marginal.

A classificação quanto à seção transversal e o tipo de vagem apresenta relação entre as mesmas, pois a seção transversal redonda possui vagem tipo “Macarrão”, enquanto a seção transversal chata possui vagem tipo “Manteiga”. Desta forma, 75 % dos genitores apresentam vagem do tipo manteiga e 25 % do tipo macarrão.

A caracterização morfológica dos descritores qualitativos para as 30 linhas  $F_{7:8}$  de feijão-de-vagem está contida na Tabela 2.

Para cor da flor foram observadas duas principais classes: flores brancas e flores lilás. As linhas da população 7 provenientes do cruzamento entre UENF 1442 x UENF 1429, com flores branca e lilás respectivamente, apresentaram 54 % das linhas com flores lilás e 46 % de flores brancas. Este resultado é contrário ao apresentado por Vieira (1967) que sugeriu que a colaração lilás possui dominância sobre as flores brancas. Mas este resultado corrobora com o obtido por Bassett (1991), onde o mesmo, afirma que esta característica apresenta herança típica de epistasia.

Na população 9, onde os progenitores UENF 1448 x UENF 1429 apresentavam flores lilás, todas as linhas apresentaram flor da cor lilás.

A população 14, resultante do cruzamento entre UENF 1448 x UENF 1442 com flores lilás e branca, respectivamente, as linhas com flores lilás correspondiam a 57 %, enquanto as flores brancas 43 %. Este resultado indica que esta característica apresenta herança típica de epistasia (Bassett, 1991).

No entanto na população 15, onde os progenitores foram UENF 1448 x UENF 1445 com flores lilás e branca, respectivamente, houve a predominância de flores branca com 71 % e 29 % de flores lilás. A proporção típica encontrada para a epistasia não foi alcançada devido à perda de materiais na consecução das gerações e principalmente à pressão de seleção que foi exercida na população.

Uma variação interessante que ocorreu de  $F_{6:7}$  para as linhas selecionadas em  $F_{7:8}$  foi para a característica cor de sementes. Em  $F_{6:7}$ , segundo Barbe (2008), houve uma boa discriminação das linhas, onde a maior parte destas, 57,50 %, apresentou sementes de cor marrom, 30,9 % de cor preta e apenas 11,60 % contiveram sementes de cor castanha. Já em  $F_{7:8}$  os percentuais obtidos foram de 66,60 % para sementes de cor marrom, 16,70 % para sementes de cor preta e 16,70 % para a cor castanha. Disso decorre que houve, inequivocamente, redução de linhas com sementes da cor preta.

Baldoni et al. (2002) concluíram que o controle genético da cor das sementes do feijão é do tipo epistático dominante e recessivo, ou seja, tem-se a participação de dois genes no controle do caráter, estando envolvidos dois alelos epistáticos, um dominante de um dos genes e outro recessivo do segundo gene. O feijão apresenta ampla variabilidade genética para a cor das sementes. Estima-se que haja, pelo menos 18 genes controlando a cor das sementes, além de haver alelismo múltiplo e epistasia, dificultando o entendimento do seu modo de ação ( Basset, 1996 e Leakey, 1988).

Segundo Abreu (2001), para a industrialização do feijão-de-vagem existe a preferência de as vagens terem o formato reto e a posição marginal do dente, pois essas condições reduzem as perdas no processamento do material.

Como pode ser observado na Tabela 2, 53,40 % das vagens selecionadas atendem ao critério forma do perfil da vagem reta, valor que era de 38,33 % nas linhas F<sub>6:7</sub>. Os valores encontrados em F<sub>7:8</sub> para o formato arqueado foi muito próximo ao da geração F<sub>6:7</sub>, sendo 30,00 % e 29,00 %, respectivamente.

Em relação à característica posição do dente apical da vagem, as proporções nas linhas selecionadas foram de 86,70 % para a posição marginal e 13,30 % para a posição não-marginal. Os valores estimados foram os mesmos da geração anterior. Ademais, valores próximos foram encontrados por Abreu (2001), no início dos trabalhos, em que a posição marginal foi caracterizada em 60,00 % dos genitores e 90,00% dos híbridos.

Tabela 2 - Caracterização morfológica de características qualitativas<sup>1/</sup> em 30 linhas F<sub>7:8</sub> de feijão-de-vagem.

LINHAS	Genótipos Selecionados <sup>2/</sup>	CORF	CORV	CORS	FPV	FDA	PDA	STV
1	7-3-3	2	2	2	3	1	1	1
2	7-4-4	2	2	3	1	1	1	1
3	7-5-5	1	2	2	3	2	2	1
4	7-6-6	2	2	2	3	2	1	1
5	7-7-7	1	2	2	3	2	1	1
6	7-9-9	1	2	2	1	1	1	1
7	7-10-10	2	2	2	1	1	1	1
8	9-1-11	2	2	1	1	2	1	2
9	9-3-13	3	2	1	1	1	1	2
10	9-4-14	2	2	2	1	2	1	2
11	14-3-23	2	2	1	1	2	1	1
12	14-4-24	1	2	3	1	2	1	1
13	14-6-26	1	2	2	1	1	1	1
14	15-6-36	2	1	3	2	1	1	1
15	15-7-37	2	1	2	3	1	1	1

<sup>1/</sup> CORF: cor de flor, 1: branca, 2: lilás suave, 3: lilás típico; CORV: cor da vagem, 1: roxa com faixas verdes, 2: verde; CORS: cor de semente, 1: preta, 2: marrom, 3: castanha; FPV: forma do perfil da vagem, 1: reta, 2: semi-arqueada, 3: arqueada; FDA: forma do dente apical da vagem, 1: arqueada, 2: reta; PDA: posição do dente apical da vagem, 1: marginal, 2: não marginal; STV e TGV: seção transversal da vagem e tipo de vagem, 1: chata, vagem do tipo "manteiga", 2: redonda, vagem do tipo "macarrão". <sup>2/</sup> Primeiro n° = População; segundo n° = família e terceiro n° = linha.

Continua...

Tabela 2 – continuação.

LINHAS	Genótipos Selecionados <sup>2/</sup>	CORF	CORV	CORS	FPV	FDA	PDA	STV
16	15-8-38	1	2	3	1	1	1	1
17	7-12-42	1	2	2	3	1	1	1
18	7-14-44	2	2	2	2	1	1	1
19	7-20-50	2	2	2	3	1	1	2
20	14-11-61	3	2	1	3	1	1	1
21	14-16-66	2	2	1	1	1	1	1
22	7-28-88	1	2	2	3	1	1	1
23	9-24-94	2	2	3	1	1	2	1
24	9-27-97	2	2	2	2	1	2	2
25	14-22-102	1	2	2	1	1	1	1
26	14-23-103	3	2	2	1	1	1	1
27	15-22-112	1	2	2	2	1	1	1
28	15-23-113	1	2	2	1	1	1	1
29	15-25-115	1	2	2	2	1	2	1
30	15-26-116	1	2	2	1	1	1	1

<sup>1/</sup> CORF: cor de flor, 1: branca, 2: lilás suave, 3: lilás típico; CORV: cor da vagem, 1: roxa com faixas verdes, 2: verde; CORS: cor de semente, 1: preta, 2: marrom, 3: castanha; FPV: forma do perfil da vagem, 1: reta, 2: semi-arqueada, 3: arqueada; FDA: forma do dente apical da vagem, 1: arqueada, 2: reta; PDA: posição do dente apical da vagem, 1: marginal, 2: não marginal; STV e TGV: seção transversal da vagem e tipo de vagem, 1: chata, vagem do tipo "manteiga", 2: redonda, vagem do tipo "macarrão". <sup>2/</sup> Primeiro n° = População; segundo n° = família e terceiro n° = linha.

Para a característica forma do dente apical da vagem, 23,30 % das linhas apresentou a forma reta e 76,70 % a forma arqueada. Outra característica de interesse comercial é a cor de vagem, em que as linhas selecionadas exibiram 93,30 % com cor verde e 6,70 % de cor roxa com faixas verdes. Estes materiais podem ser de interesse para o desenvolvimento de variedades com colorações especiais.

A classificação da seção transversal e do tipo de vagem possui estreita relação, pois a seção transversal redonda caracteriza vagem tipo “Macarrão”, enquanto a seção transversal chata, vagem tipo “Manteiga”, sendo que ambas são apreciadas pelo consumidor, dependendo da região do país.

Visando atender às demandas do mercado consumidor do Estado do Rio de Janeiro, é de suma importância trabalhar com um produto que atenda as expectativas de mercado. Desta maneira, Abreu (2001) revelou que, no Estado do Rio de Janeiro, o mercado aprecia vagens do tipo “Manteiga”. Dados que comprovam esta preferência podem ser observados no volume de comercialização do CEASA (2008), em que no ano de 2007 5.808,878 toneladas desse tipo de vagem foram comercializadas, ao passo que somente 1.008,68 toneladas foram do tipo “Macarrão”.

As linhas F<sub>7:8</sub> contiveram 83,40 % das suas vagens com secção transversal chata, caracterizando vagens do tipo “Manteiga” e 16,60% das suas vagens com secção transversal redonda, ou do tipo “Macarrão”. Este resultado revela a sintonia entre o melhoramento de plantas praticado na UENF e o mercado consumidor.

As linhas 3, 4 e 10 que são, respectivamente, UENF 7-5-5, UENF 7-6-6 e UENF 9-4-14, e que foram consideradas como as mais estáveis, merecem atenção especial na sua caracterização morfológica.

As linhas 3 (UENF 7-5-5) e 4 (UENF 7-6-6) possuem vagens com a forma do perfil arqueado e sua seção transversal é do tipo chata sendo, assim, caracterizadas como vagem do tipo “Manteiga”. Por sua vez, a linha 10 (UENF 9-4-14) possui vagens com a forma do perfil reta e sua seção transversal é do tipo redonda, sendo a sua vagem do tipo “Macarrão”.

Vê-se, pois, que as três principais linhas contêm alguma classificação de característica que as depreciam; no caso das linhas 3 e 4, essas apresentam a forma do perfil da vagem do tipo arqueado, característica que não agrada ao

consumidor. No caso da linha 10, o problema está no seu tipo de vagem, que é “Macarrão”, caracterização esta que não a torna totalmente depreciativa, mas de qualquer forma o tipo de vagem mais comercializado no Estado do Rio de Janeiro é “Manteiga”.

A linha que conteve características que atendem às exigências de mercado e que melhor se destacou quanto a sua estabilidade foi a 6 (UENF 7-9-9), por apresentar a forma do perfil da vagem reta e a seção transversal da vagem chata ou “Manteiga”. Pelo método de Lin e Binns (1988), esta linha alocou-se em sétima colocação, para valores de  $P_i$  em ordem crescente. Sua produtividade média de vagens foi de 8.537,33 Kg ha<sup>-1</sup> e a média para teor de fibra, de 0,59 %.

#### 3.3.4.2. Correlação conjunta

Segundo Cruz et al. (2004), o conhecimento da associação entre características é de grande importância nos trabalhos de melhoramento, principalmente se há dificuldade na seleção em uma delas, em razão da baixa herdabilidade e/ou de problemas de medição e identificação.

Este conhecimento da associação entre características pode ser benéfico ao melhoramento das populações e sua estimativa provê a percepção da mudança que se pode esperar, em algumas características, quando se pratica seleção em determinada característica (Falconer, 1987).

Foram avaliadas as associações entre as oito características agrônômicas estudadas nos três ambientes para as 30 linhas F<sub>7:8</sub> de feijão-de-vagem, cujas estimativas estão contidas na Tabela 2. Constata-se que para os 28 pares de características 85,71 % das correlações ambientais não expressaram diferenças significativas em nível de 5 % de probabilidade pelo teste t. Este fato demonstrou que o ambiente não tendeu a favorecer uma característica em detrimento de outra.

Dentre os 28 pares de características, todos os valores das correlações genótípicas foram maiores do que as fenotípicas e as de ambiente. Este fato demonstra que o efeito genético teve maior importância para na determinação das correlações, cujos resultados semelhantes foram obtidos por Amaral Júnior et al. (1994), em tomateiro; e por Lana et al. (2003) entre caracteres de linhagens de feijão.

O maior valor encontrado entre as estimativas dos coeficientes de correlação ocorreu entre produtividade de vagens e peso médio de cinco vagens, com magnitude de 0,9993. De forma análoga, há que se destacar que a associação entre número médio de lóculos por vagem e número médio de sementes por vagem foi próximo da unidade, o que demonstrou alta eficiência de polinização e elevada taxa de fecundidade.

Tabela 2 - Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica ( $r_F$ ), genotípica ( $r_G$ ) e de ambiente ( $r_A$ ) entre oito características agrônômicas avaliadas em trinta linhas de feijão-de-vagem em três ambientes.

Característica <sup>1/</sup>	r	DIA	COMP	P5V	ALTP	NLOC	NSEM	FIBRA
PROD	$r_F$	0,4444*	0,5372**	0,7356**	0,3396 <sup>ns</sup>	0,4004*	0,3512 <sup>ns</sup>	-0,3457 <sup>ns</sup>
	$r_G$	0,6812**	0,7602**	0,9993**	0,6741**	0,5344**	0,4691**	-0,4586*
	$r_A$	0,2561 <sup>ns</sup>	0,0991 <sup>ns</sup>	0,1975 <sup>ns</sup>	0,0438*	-0,0178 <sup>ns</sup>	0,0173 <sup>ns</sup>	-0,0922 <sup>ns</sup>
DIA	$r_F$		0,5215**	0,4925**	0,3232 <sup>ns</sup>	0,3945*	0,3790*	-0,1493 <sup>ns</sup>
	$r_G$		0,6855**	0,6510**	0,3635*	0,5027**	0,4706**	-0,2308 <sup>ns</sup>
	$r_A$		0,0300 <sup>ns</sup>	0,2993 <sup>ns</sup>	-0,0380 <sup>ns</sup>	0,2055 <sup>ns</sup>	0,2055 <sup>ns</sup>	0,0029 <sup>ns</sup>
COMP	$r_F$			0,8162**	0,5692**	0,8503**	0,8332**	-0,3180 <sup>ns</sup>
	$r_G$			0,9279**	0,8440**	0,8792**	0,8695**	-0,3388 <sup>ns</sup>
	$r_A$			0,3581 <sup>ns</sup>	0,1034 <sup>ns</sup>	0,6932**	0,6051**	0,0519 <sup>ns</sup>
P5V	$r_F$				0,3944*	0,6811**	0,6768**	-0,3240 <sup>ns</sup>
	$r_G$				0,6057**	0,8339**	0,8400**	-0,3656*
	$r_A$				0,2667 <sup>ns</sup>	0,3087 <sup>ns</sup>	0,3224 <sup>ns</sup>	0,2087 <sup>ns</sup>
ALTP	$r_F$					0,5220**	0,4959**	-0,4438*
	$r_G$					0,7606**	0,6702**	-0,6292**
	$r_A$					0,0169 <sup>ns</sup>	0,0417 <sup>ns</sup>	-0,0711 <sup>ns</sup>
NLOC	$r_F$						0,9873**	-0,4910**
	$r_G$						0,9970**	-0,5296**
	$r_A$						0,9027**	0,0897 <sup>ns</sup>
NSEM	$r_F$							-0,4471*
	$r_G$							-0,4923**
	$r_A$							0,0336 <sup>ns</sup>

<sup>1/</sup> PROD = produtividade de vagens; DIA = diâmetro médio de vagem; COMP = comprimento médio de vagem; P5V = peso de cinco vagens; ALTP = altura média de planta; NLOC = número médio de lóculos por vagem; NSEM = número médio de sementes por vagem; e FI = teor médio de fibra na vagem. <sup>ns</sup> = Não significativo no nível de 1% e 5% de probabilidade; \* = Significativo no nível de 5% de probabilidade e \*\* = Significativo no nível de 1% de probabilidade.

Para a produtividade de vagens seis características (DIA, COMP, P5V, ALTP, NLOC e NSEM) revelaram diferenças significativas em 1% de probabilidade pelo teste t, com valores positivos para as estimativas de correlação



genotípica, o que implica que se houver um aumento na produtividade de vagens, as outras características também serão beneficiadas.

Já a correlação entre a produtividade de vagens e o teor médio de fibra foi significativa em 5 % de probabilidade pelo teste t, no entanto com sinal negativo. O sinal negativo da correlação indica que as variáveis são inversamente relacionadas, ou seja, quanto maior for a produtividade de vagens menor será o teor médio de fibra, o que é de interesse para o melhoramento da cultura, pois o melhorista busca o aumento da produtividade de vagens, mas redução no teor médio de fibra.

O teor médio de fibra correlacionou-se inversamente também com as demais características, tendo sido constatadas diferenças significativas em nível de 1 % de probabilidade pelo teste t para com altura média de planta, número médio de lóculos por vagem e número médio de sementes por vagem; e em 5 % para com produtividade de vagens e peso médio de cinco vagens.

O comprimento médio de vagem proporcionou alta correlação para com diâmetro médio de vagem. Deve ser enfatizado que resultados diferentes foram obtidos por Lopes et al. (2006), que estimaram correlações altas, no entanto negativas, entre estas características em feijão-caupi. Ainda em relação ao comprimento médio de vagem (COMP), vê-se na Tabela 2 que houve também elevadas estimativas de correlação genotípica de COMP para com o número médio de sementes e número médio de lóculos por vagem. Tem-se, pois, que para a população em avaliação, a flexibilidade de selecionar vagens menores para mercados mais exigentes, assim como vagens maiores. Nessa última situação, indicada para pequenos produtores, as vagens maiores tenderão a proporcionar correlata produtividade superior.

## RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de caracterizar, morfológicamente, 30 linhas F<sub>7:8</sub> de feijão-de-vagem, bem como quantificar e analisar as correlações entre características quantitativas, foram instalados experimentos em Bom Jesus do Itabapoana,

Campos dos Goytacazes e Itaocara. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso com duas repetições.

A caracterização morfológica foi implementada somente em Campos dos Goytacazes, ao passo que a avaliação das características para obtenção de estimativas de correlação compreendeu todos os ambientes.

Pela caracterização morfológica, a linha 6 (UENF 7-9-9) reuniu os atributos favoráveis para o mercado consumidor do Estado do Rio de Janeiro.

A correlação genotípica entre a produtividade de vagens e o teor médio de fibra nas vagens revelou valor negativo e significativo em 5 % de probabilidade pelo teste t, cuja situação favorece o melhoramento das linhas, pela necessidade de atender ao produtor e ao mercador consumidor, que requerem maiores produtividades, porém menores teores médios de fibra nas vagens.

Com base nos resultados obtidos pôde-se concluir, de forma sumarizada, que:

- a) a caracterização morfológica revelou a linha 6 (UENF 7-9-9) detentora de atributos favoráveis ao mercado consumidor carioca; e
- b) estimativa de correlação genotípica negativa e significativa ocorreu entre produtividade de vagens e teor médio de fibra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, F. B. (2001) *Aplicação de técnicas de análise multivariada em acessos de feijão-de-vagem (Phaseolus vulgaris L.) de crescimento indeterminado do banco de germoplasma da UENF*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 69p.

Abreu, F. B.; Leal, N. R.; Rodrigues, R.; Amaral Júnior, A. T.; Silva, D. J. H. (2004) Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, 22(3):547-552.

- Amaral Júnior, A. T.; Casali, V. W. D.; Cruz, C. D.; Silva, D. J. H.; Da Silva, L. F. C. (1994) Estimativas de correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre sete caracteres morfoagronômicos em oito acessos de moranga. *Bragantia*, Campinas, 53(2):163-166.
- Baldone, A. B.; Teixeira, F. F.; Santos, J. B. (2002) Controle genético de alguns caracteres relacionados à cor da semente de feijão no cruzamento Rosinha X ESAL 693. *Acta Scientiarum*, Maringá, 24(5): 1427-1431.
- Barbé, T. C. (2008) *Estimativas de divergência genética entre linhas de feijão-de-vagem (Phaseolus vulgaris L.) por meio de análise multivariada e associação com a genealogia*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 100p.
- Bassett, M. J. (1991) A revised linkage map of common bean. *HortScience*, Alexandria, 26: 834-836.
- Bassett, M. J. (1996) List of genes – *Phaseolus vulgaris* L. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, Fort Collins, 39:1-19.
- Cruz, C. D. (2006) *Programa Genes: Versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 648p., il.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2004) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. v.1 Viçosa: Editora UFV, 480p.
- Falconer, D. S. (1987) *Introdução à genética quantitativa*. Tradução de Martinho de Almeida e Silva e José Carlos Silva. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 279p.
- Falconer, D. S.; Mackay, T. F. C. (1996) *Introduction to quantitative genetics*. 4 ed Harlow: Longman, 464p.

- Filgueira, F. A. R. (2003) *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: Editora UFV, 402p.
- Fontes, P. S. F. (2002) *Adubação nitrogenada e avaliação de cultivares de banana (Musa spp.) no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 64p.
- Frank, T.; Anhder, G. I.; Carter, W. B. (1961) *Testing snap beans for fiber content*. Keystone Seeds, St. Louis, 8p.
- Goldenberg, J. B. (1968) El empleo de la correlación en el mejoramiento genético de las plantas. *Fitotecnia Latino Americana*, Palmira, 5(2):1-8.
- INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE (IPGRI) (1982) *Descriptors for Phaseolus vulgaris*. Italy: Rome, 32p.
- Lana, Â. M. Q.; Cardoso, A. A.; Cruz, C. D. (2003) Herdabilidades e correlações entre caracteres de linhagens de feijão obtidas em monocultivo e em consórcio com o milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, 33(6):1031-1037.
- Leakey, C. L. A. (1988) Genotypic and phenotypic markers in common bean. In: Gepts, P. *Genetics resources of Phaseolus beans*. Dordrecht: Kluwer Academics, p. 245-327.
- Lopes, E. M. L.; Freire Filho, F. R.; Gomes, R. L. F.; Matos Filho, C. H. A. (2006) *Caracterização morfo-agronômica de cultivares locais de feijão-caupi do grupo Canapu*. In: Congresso Nacional de Feijão-caupi, Teresina – PI.
- Martins, I. S. (1999) *Comparação entre métodos uni e multivariados aplicados na seleção em Eucalyptus grandis*. Tese (Doutorado) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 94p.
- Oliveira, V. de P. S. (1996) *Avaliação do sistema de irrigação por sulco da fazenda do alto em Campos dos Goytacazes – RJ*. Tese (Mestrado em

Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 94p.

Ometto, J. C. (1981) Bioclimatologia tropical. São Paulo: *Agronômica Ceres*, p. 390–398.

Ramalho, M. A. P.; Santos, J. B.; Zimmermann, M. J. O. (1993) *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: Editora UFG, 271p.

Rodrigues, R. (1997) *Análise genética da resistência ao cretamento bacteriano comum e outras características agronômicas em Phaseolus vulgaris L.* Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 103p.

Rodrigues, R.; Leal, N. R.; Pereira, M. G. (1998) Análise dialéctica de seis características agronômicas em *Phaseolus vulgaris L.* *Bragantia*, Campinas, 57(2):241-250.

Singh, S. P. (2001) Broadening the genetic base of common bean cultivars: a review. *Crop Science*, Madison, 41(6):1659-1675.

Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. (1980) *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. New York: McGraw-Hill Book Company, 633p.

Valls, J. F. M (1988) Caracterização morfológica, reprodutiva e bioquímica de germoplasma vegetal. In: *ENCONTRO SOBRE RECURSOS GENÉTICOS*. Anais. Jaboticabal: FCAV, p.106-120.

Vencovsky, R.; Barriga, P. (1992) *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 496p.

Vieira, C. (1967) *O feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento*. Viçosa: Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, 220 p.

Zubrzycki, H. M. (1997) *Descritores básicos de diferentes órganos de plantas cítricas para identificar mutantes, cultivares e híbridos*. Corrientes: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária, 14p.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Neste trabalho, teve-se por objetivo selecionar linhas recombinadas superiores de feijão-de-vagem em  $F_{6:7}$  provenientes do avanço de gerações por SSD de populações superiores selecionadas precocemente em  $F_2$ , avaliar a adaptabilidade e estabilidade das linhas selecionadas, assim como caracterizá-las morfológicamente em  $F_{7:8}$ .

A análise de variância em  $F_{6:7}$  permitiu verificar a existência de variabilidade genética entre as linhas recombinadas, detectada a partir da significância do quadrado médio para a fonte de variação linhas dentro de populações *versus* “sets” (L/PxS), o que favoreceu a perspectiva de seleção de genótipos com alelos favoráveis para as características de interesse, sobretudo produtividade de vagem e teor médio de fibra nas vagens.

Foram observadas diferenças significativas para quase todas as características avaliadas, com exceção de altura de plantas, para a fonte de variação “sets”, indicando que a estratificação do conjunto das linhas  $F_{6:7}$  no modelo de blocos com repetições dentro de “sets” foi eficiente. Além disso, foram detectadas diferenças significativas para repetições dentro de “sets” e para populações, revelando a existência de variabilidade entre as populações, favorecendo a seleção de possíveis genótipos superiores.

O peso econômico que revelou resultado mais interessante para o índice de Mulamba e Mock (1978) foi  $DP_g$  e, em relação ao índice de Williams (1962), foi o peso econômico atribuído por tentativas; estes proporcionaram ganhos mais

elevados para PROD e NV, além de ganho negativo moderado para FI e positivos moderados para NLOC, NSEM, COMP e ALTP.

A avaliação da adaptabilidade e estabilidade da produtividade de vagens das 30 linhas selecionadas em  $F_{7:8}$  de feijão de vagem, foram realizadas em Bom Jesus do Itabapoana, Campos dos Goytacazes e Itaocara, regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

A análise de variância individual revelou diferenças significativas para quase todas as características nas localidades avaliadas em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F. Apenas em Itaocara, para a característica produtividade de vagens, foram detectadas diferenças significativas em nível de 10,00 % de probabilidade.

Pela análise de variância conjunta houve interação genótipos por ambientes em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F para diâmetro médio de vagem, altura média de planta, número médio de lóculos por vagem e número médio de sementes por vagem. Para produtividade de vagens, comprimento médio de vagem e peso de cinco vagens houve diferenças em nível de 5 % de probabilidade, enquanto para o teor médio de fibra não foi expressa interação significativa.

O componente de variação da interação genótipos por ambientes foi estimado a partir da decomposição do quadrado médio da interação em parte complexa, utilizando a proposta de Cruz e Castoldi (1991). Os resultados obtidos revelaram que a maioria das características conteve a maior parte da interação do tipo simples. Assim, a condução deste único programa de melhoramento genético para a cultura nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro poderá atender as necessidades dos agricultores e consumidores dessas regiões.

Quanto à adaptabilidade e estabilidade, os métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) demonstraram ter total concordância entre si e tiveram forte associação com método Tradicional (1938). A metodologia de Kang e Phan (1991) refinou as estimativas geradas pelos métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962), passando estes métodos a apresentarem correlações altamente significativas com o método de Lin e Binns (1988). Já o método de Lin e Binns (1988) discriminou as linhas mais estáveis e responsivas, sendo também as mais produtivas. As linhagens selecionadas pelo algoritmo de Lin e Binns



(1988) foram 4, 3 e 10, respectivamente, UENF 7-6-6, UENF 7-5-5 e UENF 9-4-14.

A caracterização morfológica foi implementada somente em Campos dos Goytacazes, ao passo que a avaliação das características para obtenção de estimativas de correlação compreendeu todos os ambientes.

Pela caracterização morfológica, a linha 6 (UENF 7-9-9) reuniu os atributos favoráveis para o mercado consumidor do Estado do Rio de Janeiro.

A correlação genotípica entre a produtividade de vagens e o teor médio de fibra nas vagens revelou valor negativo e significativo em 5 % de probabilidade pelo teste t, cuja situação favorece o melhoramento das linhas, pela necessidade de atender ao produtor e ao mercador consumidor, que requerem maiores produtividades, porém menores teores médios de fibra nas vagens.

Com base nos resultados obtidos pôde-se concluir, de forma sumarizada, que:

- a) o modelo de blocos com repetições dentro de “sets” proporcionou resultados satisfatórios na avaliação de grande *quantum* de linhas recombinadas em gerações avançadas;
- b) a seleção precoce prosseguida por SSD foi eficiente na obtenção de linhas endogâmicas superiores em feijão-de-vagem;
- c) a seleção simultânea proporcionou ganhos satisfatórios em gerações homozigóticas avançadas de feijão-de-vagem nas duas principais características: produção de vagens e teor de fibra;
- d) a significância na fonte de variação G x A para maioria das características avaliadas confirma a presença da interação genótipos por ambientes;
- e) a maioria das características revelou a maior parte da interação do tipo simples;
- f) os métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) demonstraram ter total concordância entre si;
- g) o método de Kang e Phan (1991) aplicado os métodos Tradicional (1938), Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962) indicou com a linha mais estável a mais produtiva;
- h) o método de Lin e Binns (1988) indicou as linhas mais estáveis e responsivas;

- i) a caracterização morfológica revelou a linha 6 (UENF 7-9-9) detentora de atributos favoráveis ao mercado consumidor carioca; e
- j) estimativa de correlação genotípica negativa e significativa ocorreu entre produtividade de vagens e teor médio de fibra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, F. B. (2001) *Aplicação de técnicas de análise multivariada em acessos de feijão-de-vagem (Phaseolus vulgaris L.) de crescimento indeterminado do banco de germoplasma da UENF*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 69p.
- Abreu, F. B.; Leal, N. R.; Rodrigues, R.; Amaral Júnior, A. T.; Silva, D. J. H. (2004) Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, 22(3):547-552.
- Allard, R. W. (1971) *Princípios do melhoramento genético das plantas*. São Paulo: Edgard Blücher, 381p.
- Amaral Júnior, A. T.; Casali, V. W. D.; Cruz, C. D.; Silva, D. J. H.; Da Silva, L. F. C. (1994) Estimativas de correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre sete caracteres morfoagronômicos em oito acessos de moranga. *Bragantia*, Campinas, 53(2):163-166.
- Annicchiarico, P. (1992) Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Breeding*, 46:269-278.

- Annichiarico, P. (2002) Genotype x environment interaction. Challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. Rome: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 108p.
- Araujo, R. S., Rava, C. A., Stone, L. F., Oliveira Zimmermann, M. J. de (1996) *Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil*. Piracicaba: POTAFOS, 786p.
- Aremu, C. O.; Ariyo, O. J.; Adewale, B. D. (2007) Assessment of selection techniques in genotype X environment interaction in cowpea *Vigna unguiculata* (L.) walp. *African Journal of Agricultural Research*, 2(8):352-355.
- Backes, R. L.; Elias, H. T.; Hemp, S.; Nicknich, W. (2005) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no Estado de Santa Catarina. *Acta Sci. Agron.*, 27(2):309-314.
- Baldone, A. B.; Teixeira, F. F.; Santos, J. B. (2002) Controle genético de alguns caracteres relacionados à cor da semente de feijão no cruzamento Rosinha X ESAL 693. *Acta Scientiarum*, Maringá, 24(5): 1427-1431.
- Barbé, T. C. (2008) *Estimativas de divergência genética entre linhas de feijão-de-vagem (Phaseolus vulgaris L.) por meio de análise multivariada e associação com a genealogia*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 100p.
- Barbosa, M. L., Rezende, M. R. R., Costa, H. S. C., Maluf, W. R. (2001) *A Cultura do Feijão-de-Vagem*. Lavras: UFLA (UFLA. Boletim Técnico de Hortaliças, 65) 5p.
- Bassett, M. J. (1991) A revised linkage map of common bean. *HortScience*, Alexandria, 26: 834-836.
- Bassett, M. J. (1996) List of genes – *Phaseolus vulgaris* L. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, Fort Collins, 39:1-19.

- Baker, R. J. (1986) *Selection indices in plant breeding*. CRC Press, Boca Raton–Flórida, 218p.
- Balbach, A.; Boarim, D. S. F. (1992) *As Hortaliças na Medicina Natural*. 2.ed.rev.atual. São Paulo: Editora Missionária, 291p.
- Bernado, R. (2003) On the effectiveness of early generation selection in self-pollinated crops. *Crop Science*, 43:1558-1560.
- Blair, M. W.; Pantoja, W.; Hidalgo, R. (2007) Diversidad de faseolinas en frijol común cultivado del Caribe . *Acta Agronomica*, 56(4):171-176.
- Borém, A.; Miranda, G. V. (2005) *Melhoramento de plantas*. 4.ed. Viçosa: Editora UFV, 525p.
- Botrel, M. de A.; Lédo, F. J. da S.; Evangelista, A. R.; Viana, M. C. M. V.; Pereira, A. V.; Souza Sobrinho, F. de; Oliveira, J. S.; Xavier, D. F.; Heinemann, A. B. (2005) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa avaliadas em Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 29(2):409-414.
- Brasil, E. M.; Chaves, L. J. (1994) Utilizacion de um modelo cuadrático para el estudio de la respuesta de cultivares a la variación ambiental. In: Congresso Latinoamericano de Genética. Memorias. Monterrey: Asociacion Latioamericana de Genetica. p. 616.
- Bravo, J. A.; Fehr, W. R.; Cianzio, S. R. (1980) Use of pod width for indirect selection of seed weight in soybeans. *Crop Science*, 20:507-510.
- Brim, C. A. (1966) A modified pedigree method of selection in soybeans. *Crop Science*, 6:220.
- Carbonell, S. A. M.; Azevedo Filho, A.; Dias, A. S.; Gonçalves, C.; Antônio, C. B. (2001) Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 60(2):69-77.

- Carneiro, P. C. S. (1998) *Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 168p.
- Cargnelutti Filho, A.; Perecin, D.; Malheiros, E. B.; Guadagnin, J. P. (2007) Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. *Bragantia*, Campinas, 66(4):571-578.
- Carvalho, C. G. P.; Arias, C. A. A.; De Toledo, J. F. F.; Almeida, L. A.; Kiihl, R. A. S.; Oliveira, M. F. (2002) Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 37(7):989-1000.
- Castellane, P. D.; Vieira, R. D.; Carvalho, N. M. (1988) *Feijão-de-vagem (Phaseolus vulgaris L.): cultivo e produção de sementes*. Jaboticabal, FUNEP/FCAV/UNESP. 60p.
- CEASA-RJ – Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro. (2008) Disponível em: <<http://www.ceasa.rj.gov.br/consultas/consultas.html>>. Acesso em: 22 de outubro de 2008.
- CIAT- Centro Internacional de Agricultura Tropical (1993) *Report*. Cáli, Colômbia. 132p.
- Chaves, L. J. (2001) Interação de genótipos com ambientes. In: Nass, L. L.; Valois, A. C. C.; Melo, I. S.; Valadares-Ingliš, M.C. (ed.) *Recursos genéticos & melhoramento: plantas*. Rondonópolis: Fundação MT. 1183 p.
- Condé, A. B. T., Amaral Júnior, A. T.; Bressan-Smith, R. E.; Rodrigues, R.; Pereira, T. N. S. (2004) Genetic divergence in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluated by different methodologies. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 4:57-62.

- Côrrea, L. V. T.; Mendes, A. N. G.; Bartholo, G. F. (2006) Comportamento de progênies de cafeeiro Icatu. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 30(4):618-622.
- Crossa, J. (1990) Statistical analysis of multilocation trials. *Adv. Agro.* 44:55-85.
- Cruz, C. D. (2006) *Programa Genes: Versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 648p., il.
- Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. (2003) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. v. 2. Viçosa: UFV, 585 p.
- Cruz, C. D., Castoldi, F. L. (1991) Decomposição da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexas. *Revista Ceres*, 38(219):422-430.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2004) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. v.1 Viçosa: Editora UFV, 480p.
- Cruz, C. D.; Torres, R. A. A.; Vencovski, R. (1989) An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética*, 12(3):567-580.
- Daher, R. F.; Pereira, M. G.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, A. V.; Ledo, F. J. S.; Daros, M. (2003) Estabilidade da produção forrageira em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Ciênc. Agrotec.*, 27(4): 788-797.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T. (2000) Adaptabilidade e estabilidade de produção de *Ipomoea batatas*. *Acta Scientiarum*, 22(4):911-917.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A. T.; Pereira, M. G.; Santos, F. S.; Gabriel, A. P. C.; Scapim, C. A.; Freitas Júnior, S. P.; Silvério, L. (2004) Recurrent selection in inbred popcorn families. *Scintia Agrícola*, Piracicaba, 61:609-614.
- Debouck, D. (1993) Systematics and morphology. In: Schoonhoven, A. V.; Voyesest, O. (eds). *Common beans: research for crop improvement*. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), p.55-118.

- Destro, D. (1983) *Teste de geração precoce na seleção de linhagem de soja* (Glycine max (L.) Merrill). Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 115p.
- Duarte, J. B.; Vencovsky, R. (1999) *Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise “AMMI”*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 60p.
- Eberhart, S. A.; Russell, W. A. (1966) Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6:36-40.
- Elias, H. T.; Backes, R. L.; Vidigal, M. C. G.; Balbinot Jr., A. A.; Hemp, S. (2007) Estabilidade e adaptabilidade de linhagens e cultivares de feijão do grupo carioca. *Scientia Agrária*, 8(4):379-384.
- Embrapa (2003) Disponível em: [http://www.cnph.embrapa.br/bib/saibaque/feijao\\_vagem.htm](http://www.cnph.embrapa.br/bib/saibaque/feijao_vagem.htm). Acesso em: 16 janeiro de 2006.
- Falconer, D. S. (1987) *Introdução à genética quantitativa*. Tradução de Martinho de Almeida e Silva e José Carlos Silva. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 279p.
- Falconer, D. S.; Mackay, T. F. C. (1996) *Introduction to quantitative genetics*. 4 ed Harlow: Longman, 464p.
- Farias, F. J. C.; Ramalho, M. A. P. R.; Carvalho, L. P.; Moreira, J. A. N.; Costa, J. N. (1997) Parâmetros de estabilidade propostos por Lin & Binns (1988) comparados com o método da regressão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32:407-414.
- Fehr, W. (1978) *Principles of cultivar development: theory and technique*. Macmillan Publishing Co., New York, 536p.



- Ferreira, A.; Cecon, P. R.; Cruz, C. D.; Ferrão, R. G.; Silva, M. F.; Fonseca, A. F. A.; Ferrão, M. A. G. (2005) Seleção simultânea de *Coffea canephora* por meio da combinação de análise de fatores e índices de seleção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 40(12):1189-1195.
- Ferreira, R. de P.; Botrel, M. de A.; Pereira, A. C. R. A. V.; Coelho, A. D. F.; Ledo, F. J. S.; Cruz, C. D. (2004) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. *Ciência Rural*, Santa Maria, 34(1):265-269.
- Filgueira, F. A. R. (2003) *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: Editora UFV, 402p.
- Finlay, K. W.; Wilkinson, G. N. (1963) The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14:742-754.
- Flores, F., Moreno, M. T.; Cubero; J. I. (1998) A comparison of univariate and multivariate methods to analyze environments. *Field Crops Research*, 56:271-286.
- Fontes, P. S. F. (2002) *Adubação nitrogenada e avaliação de cultivares de banana (Musa spp.) no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 64p.
- Frank, T.; Anhder, G. I.; Carter, W. B. (1961) *Testing snap beans for fiber content*. Keystone Seeds, St. Louis, 8p.
- Freitas, F. O. (2006) Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 41(7):1199-1203.
- Gauch, H. G.; Zobel, R. W. (1996) AMMI analysis of yield trials. In: Kang, M. S.; Gauch, H. G. (Ed.). *Genotypeby- environment interaction*. New York: CRC Press. 416 p.

- Gepts, P. L.; Debouck, D. (1991) Origin, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Schoonhoven, A.V.; Voysest, O. (eds.). *Common beans: research for crop improvement*. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), p.07–53.
- Gepts, P.; Bliss, F. A. (1985) F<sub>1</sub> hybrid weakness in the common bean. *The Journal of Heredity*, 76:447-450.
- Goldenberg, J. B. (1968) El empleo de la correlación en el mejoramiento genético de las plantas. *Fitotecnia Latino Americana*, Palmira, 5(2):1-8.
- Granate, M. J.; Cruz, C. D.; Pacheco, C. A. P. (2002) Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS-43. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(7):101-108.
- Griffing, B. (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal Biological Science*, 9:463-493.
- Hallauer, A. R.; Miranda Filho, J. B. (1986) *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames: Iowa State University Press, 468p.
- Hanson, W. D. (1994) Distance statistics and interpretation of Southern states regional soybean tests. *Crop Science*, 34(6):1498-1504.
- Hanson, W. D.; Johnson, H. W. (1957) Methods for calculating and evaluating a general selection index obtained by pooling information from two or more experiments. *Genetics*, 42(4):421-432.
- Hazel, L. N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, Austin, 28:476-490.
- Huehn, M. (1990) Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: *Theory*. *Euphytica*, 47(3):189-194.

- IBGE (2003) Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 de março de 2006.
- Immer, F. R. (1941) Relationship between ability and homozygosis in barley crosses. *J. Am. Agron*, 33:200-206.
- INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE (IPGRI) (1982) Descriptors for *Phaseolus vulgaris*. Italy: Rome, 32p.
- Johnson, H. W.; Bernard, R. L. (1962) Soybean genetics and breeding. *Advances in Agronomy*, 14:149–221.
- Jones, D. G.; Smith, C. W. (2006) Early generation testing in upland cotton. *Crop Science*, 46:1-5.
- Lana, Â. M. Q.; Cardoso, A. A.; Cruz, C. D. (2003) Herdabilidades e correlações entre caracteres de linhagens de feijão obtidas em monocultivo e em consórcio com o milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, 33(6):1031-1037.
- Leakey, C. L. A. (1988) Genotypic and phenotypic markers in common bean. In: Gepts, P. *Genetics resources of Phaseolus beans*. Dordrecht: Kluwer Academics, p. 245-327.
- Lédo, F. J. da S.; Botrel, M. A.; Evangelista, A. R.; Viana, M. C. M.; Pereira, A. V.; Sobrinho, F. de S.; Silva e Oliveira, J.; Xavier, D. F.; Heinemann, A. B. (2005) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa avaliadas em Minas Gerais. *Ciência Agrotec.*, Lavras, 29(2):409-414.
- Lin, C. S.; Binns, M. R. (1988) A method for analyzing cultivar x location x years experiments: a new stability parameter. *Theoretical and Applied Genetics*, 76(3):425-430.
- Lin, C. S.; Binns, M. R.; Lefkovich, L. P. (1986) Stability analysis. Where do we stand? *Crop Science*, 26:894-899.

- Lopes, E. M. L.; Freire Filho, F. R.; Gomes, R. L. F.; Matos Filho, C. H. A. (2006) *Caracterização morfo-agronômica de cultivares locais de feijão-caupi do grupo Canapu*. In: Congresso Nacional de Feijão-caupi, Teresina – PI.
- Luz, J. M. Q.; Carvalho, J. O. M.; Coelho, C. M. B.; Carvalho, T. D. (2006) Produção de minicenouras não processadas em função de diferentes cultivares e espaçamentos. *Horticultura Brasileira*, 24:221-223.
- Kang, M. S. (1988) A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. *Cereal Res. Comm*, 16:113-115.
- Kang, M. S.; Pham, H. N. (1991) Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. *Agron. J.* 83:161-165.
- Macchiavelli, R.; Beaver, J. S. (2001) Effect of number of seed bulked and population size on genetic variability when using the multiple-seed procedure of SSD. *Crop Science*, 41:1513-1516.
- Maêda, J. M.; Pires, I. E.; Borges, R. C. G.; Cruz, C. D. (2001) Critérios de seleção uni e multivariados no melhoramento genético da *Virola surinamensis* Warb. *Floresta e Ambiente*, 8(1):61-69.
- Maluf, W. R. (2001) Heterose e emprego de híbridos F<sub>1</sub> em hortaliças. In: Nass, L. L.; Valois, A. C. C.; Melo, I. S. de.; Valadares-Inglis, M. C. *Recursos genéticos e melhoramento*. Rondonópolis: Fundação MT, p. 327-355.
- Maluf, W. R.; Barbosa, M. L.; Resende, M. R. R.; Costa, H. S. C. (2002) A Cultura do feijão de vagem. In: *Boletim técnico de hortaliças* nº 65. Disponível em: <<http://www2.ufla.br/~wrmaluf/bth065/bth065.html>>. Acesso em: 17 jan. 2006.
- Mariot, E. J. (2000) Aptidões climáticas, ideótipos e épocas de cultivo do feijoeiro no Paraná. In: IAPAR. *Feijão: tecnologia e produção*. Londrina: IAPAR, Informe de Pesquisa, p. 5-13.

- Marques, M. J. B. S. G. S. M. (2000) *Número mínimo de famílias de meios-irmãos de milho pipoca: critério de seleção e predição de ganhos por seleção*. Tese (Doutorado) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 236p.
- Martins, I. S. (1999) *Comparação entre métodos uni e multivariados aplicados na seleção em Eucalyptus grandis*. Tese (Doutorado) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 94p.
- Martins, I. S.; Martins, R. C. C.; Pinho, D. S. (2006) Alternativas de índices de seleção em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *Cerne*, Lavras, 12(3):287-291.
- Mekbib, F. (2002) Simultaneous selection for high yield and stability in common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. *Journal of Agricultural Science*, 138:249-253.
- Melo, L. C.; Melo, P. G. S.; Faria, L. C.; Diaz, J. L. C.; Peloso, M. J. D.; Rava, C. A.; Costa, J. G. C. (2007) Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 42(5):715-723.
- Melo, P. C. T. (2006) Panorama atual da cadeia de produção de hortaliças no Brasil. 6ª Reunião Ordinária da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Hortaliças - CNPA / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasília, DF.
- Miglioranza, E.; Araujo, R.; Endo, R. M.; Souza, J. R. P.; Montanari, M. A. (2003) Teor de cálcio em frutos de diferentes cultivares de feijão-de-vagem. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, 21(2):158-161.
- Mohammadi, R.; Abdulahi, A.; Haghparast, R.; Armion, M. (2007) Interpreting genotype X environment interactions for durum wheat grain yields using nonparametric methods. *Euphytica*, 157:239-251.

- Mohammadi, R.; Amri, A. (2008) Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica*, 159:419-432.
- Muehlbauer, F. J.; Burnell, D. G.; Bogyo, T. P.; Bogyo, M. T. (1981) Simulated comparisons of single seed descent and bulk population breeding methods. *Crop Science*, 21:572-577.
- Mulamba, N. N.; Mock, J. J. (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egypt J. Gen. Cytol. Alexandria*, 7:40–51.
- Nadal, R. de; Guimarães, D. R.; Biasi, J.; Pinheiro, S. L. J.; Cardoso, V. T. M. (1986) *Olericultura em Santa Catarina: aspectos técnicos e econômicos*. Florianópolis: EMPASC. p. 130-136.
- Nunes, G. H. S.; Rezende, G. D. S. P.; Ramalho, M. A. P.; Santos, J. B. (2002) Implicações da interação genótipos X ambientes na seleção de clones de eucalipto. *Cerne*, Lavras, 8(1):49-58.
- Nuñez, O. A. M. (1997) *Origen y importancia del cultivo de la caraota (Phaseolus vulgaris L.)*. Revista Faculdade Agronomia, *Maracay*, 23:225-234.
- Oliveira, A. C. (1976) *Comparação de alguns métodos de determinação da estabilidade em plantas cultivadas*. Tese (Mestrado) – Brasília – DF, Universidade Federal de Brasília - UnB, 64p.
- Oliveira, A. P.; Andrade, A. C.; Tavares Sobrinho, J.; Peixoto, N. (2001) Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-vagem de crescimento indeterminado, no município de Areia – PB. *Horticultura Brasileira*, 19(2):
- Oliveira, E. J.; Godoy, I. J.; Moraes, A. R. A.; Martins, A. L. M.; Pereira, J. C. V. N. A.; Bortoletto, N.; Kasai, F. S. (2006) Adaptabilidade e estabilidade de

- genótipos de amendoim de porte rasteiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 41(8): 1253-1260.
- Oliveira, V. de P. S. (1996) *Avaliação do sistema de irrigação por sulco da fazenda do alto em Campos dos Goytacazes – RJ*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 94p.
- Ometto, J. C. (1981) Bioclimatologia tropical. São Paulo: *Agronômica Ceres*, p. 390–398.
- Peixoto, N.; Braz, L. T.; Banzatto, D. A.; Oliveira, A. P. (2002) Adaptabilidade e estabilidade em feijão-vagem de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, 20(4):616-618.
- Pesek, J.; Baker, R. J. (1969) Desired improvement in relation to selection indices. *Can. J. Plant. Science*, Ottawa, 1:215-274.
- Pereira, M. G. (1983) *Variabilidade de genótipos de soja (Glycine Max (L.) Merrill) descendentes de dois processos de seleção*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 137p.
- Pimentel-Gomes, F. (1990) *Curso de estatística experimental*. 13.ed. Piracicaba: Nobel. 468p.
- Pípolo, C. V.; Vizoni, É.; Giroto, J. C. M. (2001) Determinação do melhor período para realização de cruzamento artificial em feijão-vagem, *Phaseolus vulgaris* L., em Londrina, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 23(5):1191-1193.
- Plaisted, R. L.; Peterson, L. C. (1959) A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations and seasons. *American Potato Journal*, 36:381-385.

Portal do Agronegócio (2008) Disponível em:  
<[http://www.portaldoagronegocio.com.br](http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=26086)  
/conteudo.php?id=26086>. Acesso em: 12 de novembro de 2008.

Prado, E. E.; Himoroto, D. M.; Godinho, V. P. C.; Utumi, M. M.; Ramalho, A. R. (2001) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(4): 625-635.

Purchase, J. L.; Hatting, H.; Deventer, C. S.; Van Deventer, C. S. (2000) Genotype X environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa. II. Stability analysis of yield performance. *South Afr. J. Plant Soil*, 17:101-107.

Queiróz, M. A. de (2003) O estado da arte no melhoramento genético de algumas hortaliças no Brasil. CD-ROM dos Anais do 2º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, Porto Seguro, BA, Brasil.

Ramalho, M. A. P.; Santos, J. B.; Zimmermann, M. J. O. (1993) *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: Editora UFG, 271p.

Raposo, F. V.; Ramalho, M. A. P.; Abreu, A. F. B. (2000) Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, 35(10):1991-1997.

Ridley, M. (1997) *Evolution*. 2. ed. Oxford : Blackwell Scientific, 719p.

Rocha, M. M. (2002) *Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica*. Tese (Doutorado) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, 184p.

Rodrigues, R. (1997) *Análise genética da resistência ao crestamento bacteriano comum e outras características agronômicas em Phaseolus vulgaris* L. Tese



(Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 103p.

Rodrigues, R.; Leal, N. R.; Pereira, M. G. (1998) Análise dialéctica de seis características agronômicas em *Phaseolus vulgaris* L. *Bragantia*, Campinas, 57(2):241-250.

Sabaghnia, N.; Dehghani, H.; Sabaghpour, S. H. (2006) Nonparametric methods for interpreting genotype X environment interaction of Lentil genotypes. *Crop Science*, 46:1100-1106.

Santos, F. F.; Matos, M. J. L. F.; Melo, M. F.; Lana, M. M.; Luengo, R. F. A.; Tavares, S. A. (2002) Feijão-de-vagem. Disponível em: <<http://www.emater.df.gov.br/ecndicasind.html#>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2006.

Santos, F. S.; Amaral Júnior, A. T.; Freitas Júnior, S. P.; Rangel, R. M.; Pereira, M. G. (2007) Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. *Bragantia*, Campinas, 66(3):391-398.

Santos, V. S. (2005) *Seleção de pré-cultivares de soja baseado em índices*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, 100 p.

Santos, V. S.; Ramalho, M. A. P.; Carneiro, J. E. S.; Abreu, A. F. B. (2001) Consequences of early selection for grain type in common bean breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 1:347-354.

SAS INSTITUTE (2001) SAS/STAT user's guide: statistics. 5th ed. Cary. 1686 p.

Scapim, C. A.; Oliveira, V. R.; Braccini, A. L.; Cruz, C. D.; Andrade, C. A. B.; Vidigal, M. C. G. (2000) Yield stability in maize (*Zea mays*) and correlations

- among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. *Genetics and Molecular Biology*, 23(2):387-393.
- Shukla, G. K. (1972) Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity*, 29:237–245.
- Silbernagel, M. J. (1986) Snap breeding. In: BASSET, M.J. (Ed.). *Breeding vegetable crops*. Avi Publishing, p.243-282.
- Silva, D. J. H.; Moura, M. C. C. L.; Casali, V. W. D. (2001) Recursos genéticos do banco de germoplasma de hortaliças da UFV: histórico e expedições de coleta. *Horticultura Brasileira*, 19(2):108-114.
- Silva, J. G. C.; Barreto, J. N. (1986) An application of segmented linear regression to the study of genotype x environment interaction. *Biometrics*, Washington, 41(4):1093.
- Silva, M. P. (2003) *Identificação de genitores superiores e herança de características morfoagronômicas em feijão-de-vagem (Phaseolus vulgaris L.)*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 79p.
- Silva, M. P.da; Amaral Júnior, A. T.; Rodrigues, R.; Daher, R. F.; Leal, N. R.; Schuelter, A. R. (2004a) Análise dialéctica da capacidade combinatória em feijão-de-vagem. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, 22(2):277-280.
- Silva, M. P.da; Amaral Júnior, A. T.; Rodrigues, R.; Pereira, M. G.; Viana, A. P. (2004b) Genetic control on morphoagronomic characteristics in snap bean. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, Paraná, 47(6):855-862.
- Silva, P. R. (2008) Uma abordagem sobre o mercado de hortaliças minimamente processadas. *Informações Econômicas*, 38(4):52-57.

- Silva, P. S. L.; Oliveira, C. N. (1993) Rendimento de feijão verde e maduro de cultivares de caupi. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, 11(2):133-135.
- Silva, W. C. J.; Duarte, J. B. (2006) Métodos estatísticos para o estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 41(1):23-30.
- Singh, S. P. (2001) Broadening the genetic base of common bean cultivars: a review. *Crop Science*, Madison, 41(6):1659-1675.
- Smith, H. F. (1936) A discriminant function for planta selection. *Ann. Eugen.* 7:240-250.
- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. (1980) *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. New York: McGraw-Hill Book Company, 633p.
- Storck, L.; Vencovsky, R. (1994) Stability analysis on a bi-segmented discontinuous model with measurement errors in the variables. *Revista Brasileira de Genética*, 17(1):75-81.
- Subandi, A. A.; Viana, J. M. S.; Santos, J. F.; Câmara, T. M. M. (1973) Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. *Crop Science*, Madison, 13:184-186.
- Sudré, C. P.; Leonardecz, E.; Rodrigues, R.; Amaral Júnior, A. T.; Moura, M. C. L.; Gonçalves, L. S. A. (2007) Genetic resources of vegetable crops: a survey in the Brazilian germplasm collections pictured through papers published in the journals of the Brazilian Society for Horticultural Science. *Horticultura Brasileira*, 25:496-503.
- Tai, G. C. C. (1977) Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. *Crop Science*, Madison, 17:182-183.

- Tessarioli, N. J., Groppo, G. A. (1992) *A Cultura do Feijão-de-Vagem*. Campinas CATI (CATI. Boletim técnico, 212) 12p.
- Tigchelaar, E. C. (1986) Tomato breeding. In: Basset, M. J. (Ed.). *Breeding vegetable crops*. Avi Publishing, p.135-171.
- Valls, J. F. M (1988) Caracterização morfológica, reprodutiva e bioquímica de germoplasma vegetal. In: *ENCONTRO SOBRE RECURSOS GENÉTICOS*. Anais. Jaboticabal: FCAV, p.106-120.
- Vencovsky, R.; Barriga, P. (1992) *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 496p.
- Verma, M. M.; Chacal, G. S.; Murty, B. R. (1978) Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theor. Appl. Genet.*, Berlin, 53(2):89-91.
- Vicente, D.; Pinto, R. J. B.; Scapim, C. A. (2004) Análise da adaptabilidade e estabilidade de linhagens elite de soja. *Acta Scientiarum*, Maringá, 26(3): 301-307.
- Vieira, C. (1967) *O feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento*. Viçosa: Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, 220 p.
- Vieira, C. (1988) Perspectiva da cultura do feijão e de outras leguminosas de grãos no país e no mundo. In: Zimmermann, M. J. O.; Rocha, M.; Yamada, T. *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato. p.02–19.
- Vieira, C.; Borém, A.; Ramalho, M. A. P. (1999) Melhoramento do feijão. In: Borém, A. (ed.). *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: Editora UFV, p.273-349.

- Vilarinho, A. A.; Viana, J. M. S.; Santos, J. F.; Câmara, T. M. M. (2003) Eficiência da seleção de progênies  $S_1$  e  $S_2$  de milho-pipoca, visando à produção de linhagens. *Bragantia*, Campinas– SP, 62(1):9-17.
- Viggiano, J. (1990) Produção de sementes de feijão-vagem. In: Castellane, P. D.; Nicolosi, W. M.; Hasegawa, M. *Produção de sementes de hortaliças*. Jaboticabal, FUNEP/FCAV/UNESP, p.127-140.
- Willians, J. S. (1962) The evaluation of a selection index. *Biometrics*, North Carolina, 18: 375–393.
- Wricke, G. (1965) Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. *Pflanzenzuchtung*, 52:127-138.
- Yates, F.; Cochran, W. G. (1938) The analysis of group experiments. *J. Agric. Sci.*, London, 28(4):556 – 580.
- Zimmermann, M. J. O.; Teixeira, M. G. (1996) Origem e evolução. In: Zimmermann, M. J. O.; Rocha, M.; Yamada, T. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato.
- Zobel, R. W.; Wright, M. J.; GAUCH, H. G. (1988) Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*, 80:388-393.
- Zubrzycki, H. M. (1997) *Descritores básicos de diferentes órgãos de plantas cítricas para identificar mutantes, cultivares e híbridos*. Corrientes: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária, 14p.